ألبرت اينشتاين

اسم الكتاب : ألبرت أينشتاين

اسم المؤلف : يوسف ابو الحجاج الأقصري

اسم الناشر : مكتبة زهران - دار الراوي

رقم الايداع : 15490 / 2017

الترقيم الدولي : 978-977-349-096-6

سلسلة علماء غيروا مجرى التاريخ

عالم فوق العادة

ألبرت اينشتاين

أبو النظرية النسبية

يوسف أبو الحجاج الأقصرى



تقديم

بين يديك عزيزي القارئ إصدار عن عالم متميز في علومه وهو ألبرت أينشتاين وبصرف النظر عن عقيدته أو اعتقاد نعرض لأفكاره العلمية بعيدًا عن السياسة والدين هو الماني المولد وحصل على الجنسية السويسرية والأمريكية هو من أبوين يهوديين واشتهر بأنه أبو النسبية كونه واضع النظرية النسبية الخاصة والنسبية العامة.

وكان لابد من عرض موجز لحياته الشخصية ونشأته التي أثرت في تفكيره ومسيرة حياته.

- فقد ولد في مدينة (أولم) الألمانية في 14 مارس 1879م من أبوين يهوديين وأمضى سن يفاعته في ميونخ وكان أبوه (هيرمان اينشتاين) يعمل في بيع الريش المستخدم في صناعة الوسائد وعملت أمه معه في إدارة ورشة صغيرة لتصنيع الأدوات الكهربائية بعد تخليه عن مهنة بيع الريش..
- تأخر أينشتاين الطفل في النطق حتى الثالثة من عمره، ولكنه أبدى شغفًا كبيرًا بالطبيعة ومقدرة على إدراك المفاهيم الرياضية الصعبة وقد درس وحده الهندسة الأقليدية.
- وعلى الرغم من انتمائه للطائفة اليهودية، فقد دخل اينشتاين مدرسة إعدادية كاثوليكية وتلقى دروسًا في العزف على آله الكمان...
- وفي الخامسة من عمره أعطاه أبوه بوصله، وقد أدرك أينشتاين

آنذاك أن ثمة قوة في الفضاء تقوم بالتأثير على إبرة البوصلة وتقوم بتحريكها.

- كان أينشتاين يعاني وهو صغير من صعوبة الاستيعاب ربما كان مرد ذلك إلى خجله في طفولته، ويشاع أن اينشتاين الطفل قد رسب في مادة الرياضيات وهو في مراحل التعليم الأولية.
- بعد تكرار خسائر الورشة التي أنشأها والداه في عام 1894م انتقلت عائلته إلى مدينة (بافيا) في إيطاليا واستغل اينشتاين الابن الفرصة السانحة للانسحاب من المدرسة في ميونخ والتي كره فيها النظام الصارم والروح الخانقة، وامضى بعدها اينشتاين سنة مع والديه في مدينة (ميلانو) حتى تبين أن من الواجب عليه تحديد طريقه في الحياة فأنهى دراسته الثانوية في مدينة (اروا) السويسرية والتحق بعدها إلى امتحانات المعهد الاتحادي السويسري للتقنية في زيورخ عام 1895، وقد أحب اينشتاين طرق التدريس فيه وكان كثيرًا ما يقتطع من وقته ليدرس الفيزياء بمفرده أو ليعزف على كمانه إلى أن اجتاز الامتحانات وتخرج عام 1900م ولكن مدرسيه لم يرشحوه للدخول إلى الجامعة..
- وهكذا كانت بداية (اينشتاين) طالب عادي بل أقل من العادي ولم يولد عبقريًا أو عالمًا على الإطلاق.

واتركم لاستكمال قصة حياة هذا العالم الغير عادي على الإطلاق مع تمنياتي بقراءة ممتعة.

المؤلف

يوسف أبو الحجاج الأقصرى

بطاقة تعارف

الاسم: البرت اينشتاين

المهنة: فيزيائي

اللغة الام: الالمانية

الميلاد: 14 مارس -1879 لولم- الامبراطورية الألمانية

الوفاة: 18 أبريل 1955 عن 76 عام

في نيوجرس- الولايات المتحدة الأمريكية

سبب الوفاة: تمدد الشريان الأورطي البطني

الإقامة: المانيا- إيطاليا- سويسرا- أمريكا.

الجنسية: سويسري ويقال ألماني تجاوزا

العرق: يهودي من يهود الاسكناز

الديانة: اللادينية رغم أن والديه وأجداده يهود

الزوجة: إلسا اينشتاين (من -1919 1936).

ميلفا ماريك (من -1903 1919)

الأبناء: هانز

الأم: بولين كوخ

الفصل الأول

السنوات الأولى في حياته

في سنوات طفولة اينشتاين الأولى

لم يكن اينشتاين عبقريًا منذ صغره على الإطلاق، بل العكس كان بطيئًا في تعلم الكلام، وقال فيما بعد: «كان أبواي قلقين، لدرجة أنهما استشارا طبيبًا»، وحتى بعد أن بدأ يستخدم الكلمات، بعد سن الثانية، ظهرت عليه غرابة في الأطوار جعلت الخادمة تطلق عليه اسم المغفل، وكان آخرون في أسرته يلقبونه بـ«المتخلف»، وكان كلما أراد أن يقول شيئًا جربه على نفسه، وهمس به بصوت خفيض إلى أن يحسن نطقه ثم ينطقه بصوت عال، وتذكر شقيقته الصغرى (ملاريا) التي كانت تحبه جدًا قائلة: «كان يكرر في نفسه بصوت خفيض كل جملة ينطق بها مهما كانت معتادة، ويحرك بها شفتيه»، وتقول: «كان الأمر مقلقًا جدًا، فقد كان يعاني صعوبة بالغة في الكلام لدرجة أننا خشينا ألا يتعلم أبدًا».

كان نموه البطيء يقترن بتمرده الوقح تجاه السلطة، مما جعل أحد المدرسين يعاقبه بالطرد، وقال له مدرس آخر إنه لن يصبح شيئًا ذا قيمة، وقد جعلت هذه السمات من ألبرت أينشتاين الراعي لأطفال المدارس العاجزين عن التركيز في كل مكان، وأيضًا على أن تجعله العبقري العلمي الأكثر إبداعًا في العصور الحديثة.

وقد أدى به احتقاره المغرور للسلطة إلى أن يشكك في المنطق السائد بطرق لم تجل بخاطر رجال الدين المتمرسين، أما بطء تطور الكلام عنده، فقد رأى أنه أتاح له أن يلاحظ بدهشة الظواهر اليومية التي لا يلتفت إليها الآخرون، وقد قال أينشتاين ذات مرة: «عندما أسأل نفسي كيف اكتشفتُ- أنا دون غيري- (نظرية النسبية)، يبدو لي أن السبب يرجع إلى الظرف الآتي: إن الشخص العادي لا يشغل ذهنه قط بمسائل المكان والزمان، فقد شغلت ذهنه تلك الأمور عندما كان طفلاً، لكن نموي كان بطيئًا حتى إنني لم أتساءل حول المكان والزمان إلا بعدما كبرت، وبالتالي بحثت في المشكلة بحثًا أعمق من الطفل العادي».

ربما كانت اضطرابات النمو عند أينشتاين مبالغًا فيها، وربما بالغ فيها بنفسه، لأن لدينا بعض الرسائل من جديه يقولان فيها إنه كان ذكيًا ومحببًا مثل أنداده من الأحفاد. غير أن أينشتاين كان يعاني طوال حياته حالة متوسطة من المحاكاة اللفظية تجعله يردد العبارات في نفسه مرتين أو ثلاث مرات، خصوصًا إذا أضحكته، وكان يميل عادة إلى التفكير بالصور، لاسيما في التجارب الفكرية الشهيرة، مثل تخيل مشاهدة ومضات البرق من قطار متحرك، أو تخيل الإحساس بالجاذبية وهو بداخل مصعد أثناء سقوطه. وقد قال لطبيب نفسي فيما بعد: «نادرًا ما أفكر بالكلمات، فالفكرة تأتيني وقد أحاول التعبير عنها بالكلمات فيما بعد».

كان أينشتاين ينحدر، من أبويه كلاهما، من تجار وبائعين يهود، عاشوا حياة متواضعة لمدة قرنين على الأقل في أرياف دوقية سوابيا في جنوب غرب ألمانيا، ومع كل جيل أصبحوا- على الأقل أو ظنوا أنهم

أصبحوا- يندمجون أكثر فأكثر في الثقافة الألمانية التي أحبوها، وعلى الرغم من انتمائهم إلى الطائفة اليهودية ثقافة وأصلاً، فقد أظهروا اهتمامًا ضئيلاً بالدين وطقوسه.

كان أينشتاين كثيرًا ما يُنكر الدور الذي لعبه تراثه في تشكيل الشخصية التي صار إليها، وقد قال لأحد أصدقائه في مرحلة متأخرة من حياته: «إن البحث في سيرة أسلافي لا يقود إلى شيء» لم يكن ذلك حقيقيًا تمامًا، فقد كان محظوظًا لأنه وُلد في عائلة ذات عقلية مستقلة وذكية تُقدِّر التعليم، ومن المؤكد أن حياته تأثرت- إيجابًا وسلبًا- بانتسابه إلى جماعة دينية يهودية لها تراث فكري وتاريخ متميز لكونهم غرباء وهائمين، وكونه يهوديًا في ألمانيا في أوائل القرن العشرين جعله أقرب إلى الرحالة الغريب، وأصبح ذلك أيضًا جزءًا أساسيًا من شخصيته ومن الدور الذي لعبه في تاريخ العالم.

أصوله ونشأته

ولد هيرمان والد اينشتاين عام 1847 في قرية بدوقية سوابيا تدعى بوشاو Buchau كان مجتمعها اليهودي المزدهر قد بدأ يتمتع بحقوقه في ممارسة أي مهنة، وأظهر هيرمان «ميلاً واضحًا نحو تعلم الرياضيات» واستطاعت أسرته أن ترسله إلى المدرسة الثانوية في شتوتجارت التي تبعد خمسة وسبعين ميلاً إلى الشمال، لكنهم لم يستطيعوا إرساله إلى الجامعة، وكان معظمها مغلقًا على أية حال أمام اليهود، لذا عاد إلى بوشاو للعمل بالتجارة.

وبعد بضع سنوات نزح هيرمان وأبويه إلى مدينة أولم Ulm الأكثر ازدهارًا، والواقعة على بعد خمسة وثلاثين ميلاً من بوشاو، كان ذلك

جزءًا من الهجرة العامة لليهود الألمان القرويين إلى المراكز الصناعية في أواخر القرن التاسع عشر، وكانت مدينة أو لم تفخر بشعارها: «أهل أولم علماء في الرياضيات»، وكأنه نبوءة.

هناك اشترك هيرمان مع ابن عمه في إنشاء شركة، ويذكر ابنه أنه كان «في غاية الود والاعتدال والحكمة». كان هيرمان لين الجانب إلى درجة الخضوع، وظهر افتقاره إلى الكفاءة كرجل أعمال، فضلاً عن أنه لم يكن عمليًا بالمرة في المسائل المالية، لكن لين جانبه جعله مناسبًا تمامًا لأن يكون رجل عائلة لطيف المعشر وزوجًا صالحًا لامرأة عنيدة قوية الإرادة، وفي سن التاسعة والعشرين تزوج بولين كوخ Pauline Koch التي تصغره بإحدى عشرة سنة وهي التي أصبحت فيما بعد أم البرت اينشتاين.

جنى يوليوس كوخ والد بولين ثروة ضخمة من تجارة الحبوب وتوريد المواد الغذائية لبلاط فيرتمبرج wurttemberg، وورثت بولين عن أبيها أسلوبه العملي، لكنها خففت من نزعته الصارمة بخفة ظل يشوبها شيء من السخرية وضحكة يمكن أن تكون مُعدية وجارحة في الوقت نفسه (وهي الطباع التي أورثتها ابنها)، ويتضح من جمع الروايات أن علاقة هيرمان وبولين كانت علاقة سعيدة، إذ كانت شخصيتها القوية «تتوافق توافقًا تامًا» مع سلبية زوجها وهذا كانت سمات والدة ووالد البرت اينشتاين.

ولُد طفلهما الأول في الحادية عشرة والنصف صباحًا من يوم الجمعة 14 مارس/ آذار 1879 في مدينة أولم، التي كانت قد انضمت حديثًا مع بقية منطقة سوابيا إلى الرايخ الألماني، كان هيرمان وبولين ينويان

في البداية أن يسميا ابنهما إبراهام على اسم جده لأبيه، لكنهما شعرًا- كما قال أينشتاين فيما بعد- أن الاسم يبدو «يهوديًا جدًا»، ولذا احتفظا بالحرف الأول «أ» وأسمياه ألبرت أينشتاين

اينشتاين الطفل في ميونخ

في عام -1880 بعد عام واحد فقط من ميلاد ألبرت اينشتاين- انهارت شركة هيرمان، وأقنعه أخوه ياكوب بالانتقال إلى ميونخ حيث كان قد افتتح هناك شركة إمداد بالغاز والكهرباء. واستطاع ياكوب- أصغر الأشقاء الخمسة- أن يتلقى تعليمًا عاليًا، على خلاف هيرمان، وتخرج مهندسًا. وعندما دخلا في منافسة للحصول على عقود لتوريد المولدات والمصابيح الكهربية إلى المناطق الواقعة في جنوب ألمانيا، كان ياكوب مسئولاً عن الجانب الفني فيها، بينما كانت لدى هيرمان مهارات متواضعة في فن البيع، وربما كان الأهم- فضلاً عن ذلك- أنه قد وفر قروضًا حصل عليها من أقارب أسرة زوجته.

انجب هيرمان وبولين طفلهما الثاني والأخير في نوفمبر/ تشرين الثاني 1881، وهي ابنة سميت ماريا لكنها ظلت طوال حياتها تدعى باسم التدليل مايا وعندما رأى ألبرت شقيقته الوليدة لأول مرة، ظن أنها لعبة رائعة سيلهو بها، وكان ينظر إليها ويصيح: «نعم ولكن أين العجلات؟» ربما لم يكن سؤالاً ينم عن فطنة وذكاء، لكنه أظهر أن الصعوبات التي كان يعانيها في الكلام لم تمنعه وهو في الثالثة من إبداء بعض الملاحظات الجديرة بالذكر، وستصبح مايا توأمًا روحيًا لأخيها وأقرب المقربين إليه على الرغم من بعض المشاجرات الطفولية.

عاشت عائلة أينشتاين في ضاحية من ضواحي ميونخ في بيت مريح

تحيط به أشجار مورقة وحديقة رائعة، وكانت هذه- على الأقل خلال الجزء الأعظم من طفولة ألبرت اينشتاين وكانت حياة كريمة رغدة. كانت ميونخ تتألق بجمالها المعماري بفضل ملكها المجنون لودفيج الثاني (1845-1886)، وكانت تتباهى بكثرة كنائسها ومعارضها الفنية وقاعات الحفلات الموسيقية التي كانت تميل إلى تقديم أعمال (ريتشارد فاجنر) المقيم بالمدينة، وفي عام -1882 عقب انتقال عائلة أينشتاين- كان عدد سكان المدينة يبلغ نحو 300000 نسمة؛ 85% منهم من الكاثوليك و2% من اليهود، وهي المدينة التي استضافت معرض الكهرباء الألماني الأول الذي أضيئت فيه شوارع المدينة بالمصابيح الكهربائية لأول مرة.

كانت الحديقة الخلفية لمنزل عائلة اينشتاين غالبًا ما ينطلق فيها أبناء العم والأطفال يمرحون ويلعبون، لكنه لم يكن يجاريهم في ألعابهم الصاخبة، وكان بدلاً من ذلك «يشغل نفسه بأشياء أكثر هدوءًا»، وأطلقت عليه إحدى المربيات لقب «الكاهن ثقيل الظل»، فقد كان يميل عادة إلى الوحدة، تلك النزعة التي ظل طوال حياته يزعم تعلقه بها، غير أنه كان لديه نوع خاص من الانعزال يخالطه حب للرفقة والصحبة الفكرية، وقد قال فيليب فرانك زميله في العلم لمدة طويلة: «كان منذ البداية ميالاً للانعزال عن أقرانه والاستغراق في أحلام اليقظة والتأمل».

كان يحب ألعاب الصور المقطعة، وصنع تركيبات معقدة بمجموعة المكعبات، واللعب بمحرك بخاري أهداه له عمه، وبناء بيوت بأوراق اللعب، ووفقًا (لمايا) شقيقته كان أينشتاين يستطيع أن ينشئ أبنية بأوراق اللعب يصل ارتفاعها إلى أربعة عشر طابقًا، وحتى إذا تغاضينا عما قالته شقيقته الصغرى التي كانت مغرمة به، فالأرجح أن في زعمها «أن الإصرار

والمثابرة كانا في ذلك الحين جزءًا من شخصيته، كثيرًا من الصحة.

كان أينشتاين يتعرض أيضًا- في طفولته- إلى نوبات انفعالية، وتقول مايا شقيقته: «في تلك اللحظات كان وجهه يصبح مصفرًا تمامًا، وتتحول أرنبة أنفه إلى اللون الأبيض الثلجي، ويفقد السيطرة على نفسه». وذات مرة في سن الخامسة أمسك كرسيًا وألقى به في وجه معلمه الخاص، وأصبح رأس (مايا) هدفًا لأشياء صلبة عديدة، وكانت بعد ذلك تتندر على ذلك قائلة: «تحتاج أخت المفكر إلى جمجمة متينة». وقد تخلص أينشتاين في النهاية من حدة انفعالاته، على عكس إصراره ومثابرته اللذين لم يفارقاه.

وبلغة الأطباء النفسيين نقول إن القدرة العقلية لأينشتاين على التنظيم المنهجي (التعرف على القوانين التي تحكم نظامًا) كانت أكبر بكثير من قدرته على التعاطف (الشعور بما يشعر به الآخرون والاهتمام به)، وهو ما جعل البعض يتساءلون إن كانت قد ظهرت عليه بعض أعراض اضطرابات النمو. ومع ذلك فمن المهم أن نذكر أنه على الرغم من انعزاله وأسلوبه المتمرد أحيانًا، فقد كانت لديه القدرة على تكوين صداقات حميمة، وعلى التعاطف سواء مع رفاقه أو مع الإنسانية بوجه عام.

وعادة ما تضيع من الذاكرة لحظات الوعي الأول التي تحدث في فترة الطفولة، لكن أينشتاين تعرض لتجربة عندما كان في الرابعة أو الخامسة غيرت حياته وانطبعت إلى الأبد في ذهنه وفي ذاكرة العلم.

فذات يوم كان مريضًا، وأحضر له والده بوصلة، وذكر فيما بعد أنه كان في غاية السعادة وهو يستكشف قدراتها الغامضة، لدرجة أنه أخذ يرتجف وأصابته قشعريرة، فالإبرة المغناطيسية كانت تتحرك كما لو

كانت تحت تأثير مجال قوة خفي، بدلاً من أن تتحرك بالطرق الميكانيكية المألوفة التي تحتاج إلى اللمس، وقد خلق ذلك لديه إحساسًا بالدهشة ظل يحفزه طوال حياته، وقد كتب في واحدة من المناسبات العديدة التي حكى فيها عن هذه التجربة: «لا أزال أستطيع أن أتذكر- أو على الأقل أعتقد أنني أستطيع أن أتذكر- أن هذه التجربة أحدثت في نفسي أثرًا عميقًا ودائمًا. ولابد أن هناك شيئًا خفيًا يحكم الأحداث».

وبعد أن آثار ذهوله تأثر إبرة البوصلة بمجال غير مرئي، فإن أينشتاين أظهر حبًا شديدًا طوال عمره لنظريات المجال كطريقة لوصف الطبيعة. تستخدم نظريات المجال كميات رياضية، مثل الأعداد أو المتجهات، أو كميات ممتدة، لتصف كيف تؤثر الظروف في أية نقطة في الفضاء على المادة أو على مجال آخر. وعلى سبيل المثال، ففي أي مجال جاذبية أو مجال كهرومغناطيسي، يمكن أن تؤثر القوى على جسيم ما في أي نقطة، وتصف معادلات نظرية المجال كيف تتغير هذه القوى عندما يتحرك الجسيم في المجال. وتبدأ الفقرة الأولى من بحثه العظيم الذي نشر عام 1905 عن النسبية الخاصة بدراسة تأثير المجالات الكهربية والمغناطيسية؛ وتقوم نظريته النسبية العامة على معادلات تصف مجال الجاذبية. وفي الأيام الأخيرة من حياته كان يخط بيده بمثابرة وعزم معادلات مجال أخرى على أمل أن تكون أساسًا لنظرية شاملة، وكما أشار مؤرخ العلوم جيرالد هولتون كان أينشتاين يرى «أن المفهوم التقليدي للمجال هو الإسهام الأعظم في الروح العلمية».

وقد أعطته أمه أيضًا- وهي عازفة بيانو بارعة- هدية في تلك الفترة نفسها تقريبًا؛ هدية، فقد رتبت له ليتلقى دروسًا في العزف على الكمان،

وفي البداية، كان متململاً من النظام الميكانيكي للآلة، لكنه بعد أن استمع إلى سوناتات موتسارت أصبحت الموسيقى بالنسبة له ساحرة ومحببة. وقال: «أعتقد أن الحب معلم أفضل من الشعور بالواجب، على الأقل بالنسبة لي».

وسرعان ما كان يعزف ثنائيات موتسارت بمصاحبة أمه على البيانو، وقال لصديق له فيما بعد: «إن موسيقى موتسارت نقية وجميلة لدرجة أنني أراها انعكاسًا للجمال الكامن في الكون ذاته»، ثم أضاف تعليقًا أظهر وجهة نظره في موتسارت فقال: «بالطبع كانت موسيقاه في غاية البساطة، شأنها شأن كل الأعمال العظيمة».

لم تكن الموسيقى بالنسبة له مجرد تسلية، بل كانت- على العكس من ذلك- تساعده على التفكير، وقال ابنه هانز ألبرت: «كان كلما بلغ به الإرهاق مبلغه أو واجه تحديًا صعبًا في عمله، لجأ إلى الموسيقى، وكان هذا يحل جميع صعوباته»، وهكذا ظهرت أهمية الكمان خلال السنوات التي عاشها وحيدًا في برلين يناضل مع النسبية العامة، وقال أحد أصدقائه: «كان كثيرًا ما يعزف الكمان في مطبخه في وقت متأخر من الليل، ويرتجل الألحان وهو يمعن فكره في مسائل معقدة، ثم فجأة في وسط العزف يصيح وهو في غاية النشوة والإثارة: وجدتها!، كما لو كان حل المسألة قد جاءه وحيًا أثناء عزفه».

ربما كان تقديره للموسيقى- وخاصة موسيقى موتسارت- يعكس شعوره بتناسق الكون. وكما قال ألكساندر موزكاوسكي الذي كتب سيرة أينشتاين عام 1920 بناء على حوارات أجراها معه: «لقد امتزجت

الموسيقى والطبيعة والخالق في نفسه في مركب شعوري ووحدة أخلاقية لم ينمح أثرها أبدًا».

وظل ألبرت أينشتاين طوال حياته محتفظًا بمشاعر الطفل وانبهاره، فلم يفقد قط شعوره بالاندهاش من سحر ظواهر الطبيعة - وخاصة المجالات المغناطيسية والجاذبية والقصور الذاتي والتسارع وأشعة الضوء- التي يراها البالغون أمورًا مبتذلة، وقد ظل محتفظًا بالقدرة على الاحتفاظ بفكرتين في ذهنه في آن واحد، وكانت تصيبه الحيرة عندما تتضاربان، ويتعجب عندما يستشعر تناغمًا كامنًا. وقد كتب إلى أحد أصدقائه في مرحلة متأخرة من حياته: «إن أشخاصًا مثلك ومثلي لا يشيخون أبدًا، فسوف نظل مثل أطفال يتملكهم الفضول أمام الغموض العظيم الذي ولدنا فيه»..

اينشتاين في بيترسكول

كان اينشتاين في سنواته الأخيرة يردد مزحة قديمة عن عم يعتنق مذهب اللاارادية، وكان الوحيد في أسرته الذي يذهب إلى المعبد اليهودي، وعندما يسأله أحدهم عن سبب ذهابه إلى المعبد، يجيب العم: «عجبًا، مَنْ يدري». وكان والدا أينشتاين من ناحية أخرى «غير متدينين بالمرة، ولم يشعرا بضرورة تغيير أسلوب حياتهم. فلم يلتزما بتعاليم اليهودية في الطعام ولم يكونا يذهبان إلى المعبد اليهودي، وكان والده يرى أن الطقوس اليهودية «خرافات عفا عليها الزمن».

ومن ثم عندما بلغ ألبرت السادسة، وكان عليه أن يلتحق بالمدرسة، لم يكترث والده لعدم وجود مدرسة يهودية بالقرب من بيتهم، والتحق بدلاً من ذلك بمدرسة كاثوليكية كبيرة في منطقتهم هي مدرسة بيترسكول

ولما كان أينشتاين التلميذ اليهودي الوحيد من بين سبعين تلميذًا في فصله، فقد درس المنهج المقرر في المذهب الكاثوليكي، لكنه استمتع به كثيرًا، بل تفوق فيه تفوقًا كبيرًا حتى إنه كان يساعد زملاءه في دراساتهم الكاثوليكية.

وذات يوم أحضر المعلم مسمارًا كبيرًا في الفصل. وقال: «كانت المسامير التي صُلب بها يسوع تشبه هذا». غير أن أينشتاين قال فيما بعد إنه لم يشعر بتمييز من المعلمين، وكتب يقول: «كان المعلمون ليبراليين، ولم يكن هناك تمييز طائفي، لكن أقرانه من التلاميذ كان لهم شأن آخر، فقد قال أينشتاين: «كانت معاداة السامية منتشرة بين الأطفال في المدرسة الابتدائية».

كان التلاميذ يتهكمون عليه أثناء ذهابه وإيابه إلى المدرسة على أساس «صفات عرقية كان من الغريب أن يعيها الأطفال»، وزاد ذلك من إحساسه بالغربة، وهو شعور ظل ملازمًا له طيلة حياته. «كانت الاعتداءات الجسدية والإهانات في طريق العودة من المدرسة تتكرر كثيرًا، ومع أنها لم تكن شديدة القسوة في معظم الأحيان، فقد كانت كافية لكي تغرس- حتى في طفل- إحساسًا دائمًا بالغربة».

انتقل أينشتاين في التاسعة من عمره إلى مدرسة ثانوية بالقرب من وسط مدينة ميونخ تدعى مدرسة ليوتبولد الثانوية وكانت تعرف بأنها مؤسسة تعليمية تهتم بالرياضيات والعلوم بالإضافة إلى اللغتين اللاتينية واليونانية، وقد وفرت المدرسة فضلاً عن ذلك معلمًا لتدريس المواد الدينية له ولغيره من اليهود.

وعلى الرغم من علمانية والديه- أو ربما بسببها- فقد أظهر أينشتاين

حماسًا شديدًا لليهودية، وقالت شقيقته: «كان حماسه ملتهبًا حتى إنه كان يلتزم وحده بأدق تفاصيل التعاليم الدينية اليهودية، فلم يكن يأكل لحم الخنزير، وكان يلتزم بالتعاليم اليهودية المتعلقة بالطعام، ويتقيد بمحظورات يوم السبت، وكلها أمور يصعب القيام بها عندما يقف بقية أفراد الأسرة منها موقف اللامبالاة التي تصل إلى درجة الازدراء، وقد ألف أينشتاين أيضًا ترانيم لتسبيح الخالق، وكان يرتلها في نفسه في طريق عودته من المدرسة.

أحد المعتقدات الشائعة عن أينشتاين أنه رسب في الرياضيات عندما كان طالبًا، وهي رواية تزعمها أعداد كبيرة من الكتب وآلاف من المواقع على شبكة الإنترنت، وكثيرًا ما يتبعونها بعبارة: «كما يعرف الجميع»، وهي كتب ومواقع يقصد منها طمأنة الطلاب الذين لا يحرزون نجاحًا، وقد وجدت هذه الشائعة طريقها أيضًا إلى العمود الصحفي الشهير بإحدي الصحف الألمانية.

إن طفولة أينشتاين تقدم للتاريخ كثيرًا من المفارقات الطريفة، لكن هذه للأسف ليست واحدة منها؛ ففي عام 1935 عرض عليه حاخام يهودي في برينستون مقتطفات من عمود ريبلي Ripley بعنوان: «أعظم الرياضيين يرسب في الرياضيات»، فضحك أينشتاين ورد مصححًا: «لم أرسب قط في الرياضيات، وقد أتقنت حساب التفاضل والتكامل قبل أن أبلغ الخامسة عشرة».

الواقع أنه كان طالبًا رائعًا، على الأقل من الناحية الفكرية، وفي المدرسة الابتدائية كان الأول على فصله، وقالت أمه لعمته عندما كان في السابعة: «بالأمس حصل أينشتاين على درجاته، وجاء ترتيبه الأول مرة أخرى»، وفي المدرسة الثانوّية كان يكره تعلم اللغات مثل اللاتينية

واليونانية عن طريق الوسائل النمطية، وتفاقمت المشكلة بسبب «ضعف ذاكرته للكلمات والنصوص»، لكن حتى في هذه المقررات كان أينشتاين يحصل دائمًا على أعلى الدرجات، وبعد سنوات عندما كان أينشتاين يحتفل بعيد ميلاده الخمسين، وكانت هناك قصص حول إخفاق العبقري العظيم في المدرسة الثانوية، وحرص مدير المدرسة آنذاك على نشر خطاب يكشف عن ارتفاع الدرجات التي كان يحصل عليها.

وفي الرياضيات، كان أينشتاين أبعد ما يكون عن الفشل، بل كان «يفوق متطلبات المدرسة بكثير»، وتذكر شقيقته أنه عندما بلغ الثانية عشرة «كان لديه بالفعل ميل لحل المسائل المعقدة في علم الحساب التطبيقي»، وقرر أن يرى إن كان بإمكانه أن يحقق سبقًا ويتعلم بنفسه الهندسة والجبر، وقد أحضر له والداه الكتب المدرسية مقدمًا بحيث يستطيع التمكن منها خلال الإجازة الصيفية، ولم يتعلم أينشتاين البراهين الموجودة في الكتب فحسب، بل حاول أيضًا أن يثبت النظريات الجديدة بنفسه، وتقول شقيقته: «كان ينسى اللعب ورفاق اللعب، ويجلس بمفرده أيامًا متصلة منهمكًا في البحث عن حل، ولا يهدأ له بال حتى يجده».

أدخله عمه المهندس ياكوب أينشتاين إلى عالم الجبر البهيج، وقال له: «إنه علم ممتع، عندما لا نستطيع اصطياد الحيوان الذي نطارده، نرمز إليه مؤقتًا بالرمز (س) ونستمر في مطاردته إلى أن نوقع به». وتذكر مايا أنه أخذ يقدم للصبي اختبارات أكثر صعوبة «وهو يتشكك في قدرته على حلها»، وعندما انتصر أينشتاين- كما كان ينتصر دومًا- كانت «تغمره سعادة كبيرة، وكان يدرك عندئذ الاتجاه الذي تقوده إليه مواهبه».

من بين المفاهيم التي تعلمها من عمه ياكوب نظرية فيثاغورس

(مربع طول الوتر يساوي مجموع مربعي ضلعي الزاوية القائمة)، ويقول أينشتاين: «نجحت بعد جهد كبير في إثبات هذه النظرية باستخدام تشابه المثلثات»، وأكرر أنه كان يفكر بالصور «بدأ لي واضحًا أننا نستطيع تحديد العلاقات بين أضلاع المثلث قائم الزاوية بالكامل باستخدام إحدى زاويتيه الحادتين».

وصفت مايا- الأخت الصغرى- لاينشتاين بفخر إثبات أينشتاين لنظرية فيثاغورس بأنه «إثبات جديد مبتكر تمامًا»، ربما كانت طريقة أينشتاين جديدة، إلا أنه من الصعب أن نتخيل أنها كانت مبتكرة تمامًا، فقد كانت بالتأكيد مشابهة للطرق المعتادة القائمة على تناسب أضلاع المثلثات المتشابهة، غير أنها أظهرت مفهوم أينشتاين الشاب وأنه يمكن الخروج بنظريات رياضية رائعة من مسلمات بسيطة، وأكدت أن رسوبه في الرياضيات لم يكن واردًا، وبعد ذلك بسنوات قال أينشتاين في حوار مع صحفي في صحيفة مدرسية في برينستون: «عندما كنت صبيًا في الثانية عشرة، كنت أهتز فرحًا حينما أرى أن من الممكن اكتشاف الحقائق بالاستدلال المنطقي وحده، دون الحاجة إلى تجارب خارجية، وقد أصبحت أكثر اقتناعًا بأنه يمكن فهم الطبيعة على أنها صيغة رياضية بسيطة نسبيًا».

جاء الحافز الفكري الأكبر لأينشتاين من طالب طب فقير اعتاد تناول الطعام مع أسرته مرة كل أسبوع، كانت دعوة عالم فقير من علماء الدين على غداء يوم السبت عادة يهودية قديمة، وقد غير آل أينشتاين هذه العادة باستضافة طالب طب أيام الخميس، كان اسمه ماكس تلمود (غيَّره بعد ذلك إلى تالمي عندما هاجر إلى الولايات المتحدة)، وقد بدأت زياراته الأسبوعية عندما كان في الحادية والعشرين، وكان أينشتاين في

العاشرة، ويقول تلمود عن اينشتاين: «كان صبيًا رائعًا أسود الشعر، ولم أره طوال تلك السنوات يقرأ الكتابات السطحية، ولم أره قط بصحبة زملائه في المدرسة أو غيرهم من الصبية في نفس مرحلته العمرية».

أحضر له تلمود كتبًا علمية، منها سلسلة مصورة واسعة الانتشار ويقول أينشتاين: «قرأت تلك السلسلة باهتمام بالغ»، كانت السلسلة تقع في واحد وعشرين كتابًا كتبها آرون بيرنشتاين وأكد فيها على العلاقات المتبادلة بين علمي الأحياء والفيزياء، وتحدث بإسهاب عن التجارب العلمية التي كانت تجرى في ذلك الوقت، لاسيما في ألمانيا.

في القسم الافتتاحي بالكتاب الأول تناول بيرنشتاين سرعة الضوء، ذلك الموضوع الذي كان يستهويه بوضوح، وقد عاد إليه مرات كثيرة في كتبه اللاحقة، بما في ذلك إحدى عشرة مقالة عن الموضوع في الكتاب الثامن، ويبدو- بالنظر إلى التجارب الفكرية التي استخدمها أينشتاين فيما بعد في وضع نظرية النسبية- أن كتب بيرنشتاين كان لها أثر كبير.

على سبيل المثال، طلب بيرنشتاين من القراء أن يتخيلوا أنهم يستقلون قطارًا يسير بسرعة كبيرة، فلو أن رصاصة أطلقت عبر النافذة، لظهرت وكأنها قد أطلقت بزاوية، لأن القطار سيتحرك بين اللحظة التي تخترق فيها الرصاصة إحدى النوافذ ولحظة خروجها من النافذة من الجانب الآخر، وبالمثل فبسبب سرعة الأرض خلال الفضاء، فلابد أن نفس الشيء ينطبق على الضوء الذي يمر عبر التليسكوب، وقال بيرنشتاين إن المدهش هو أن التجارب أظهرت نفس التأثير مهما كانت السرعة التي يتحرك بها مصدر الضوء، وفي عبارة يبدو أنها أحدثت أثرًا عميقًا في أينشتاين- بسبب علاقتها بما توصل إليه فيما بعد- قال بيرنشتاين:

«لما كانت كل أنواع الضوء تتحرك بنفس السرعة تمامًا، فيمكن أن نطلق على قانون سرعة الضوء القانون الأعم من بين جميع قوانين الطبيعة».

وفي كتاب آخر أخذ بيرنشتاين قُراءة الشباب في رحلة خيالية في الفضاء، وكانت وسيلة الانتقال موجة كهربية، فقد كانت كتبه تهتم بالعجائب الممتعة للبحث العلمي، وتحوي فقرات مستفيضة مثل الفقرة التي كتبها عن التنبؤ الناجح بالكوكب الجديد أورانوس، وجاء فيها: «ليبارك الله هذا العلم! وليبارك الرجال الذين صنعوه! وليبارك عقل الإنسان الذي يرى ما لا تراه عينا الإنسان».

كان بيرنشتاين متحمسًا للربط بين جميع قوى الطبيعة، وعلى سبيل المثال بعد أن تحدث عن أن جميع الظواهر الكهرومغناطيسية مثل الضوء يمكن اعتبارها موجات، افترض أن نفس الشيء يمكن أن ينطبق على الجاذبية وكتب بيرنشتاين إن الوحدة والبساطة هي الأساس الذي تقوم عليه كل المفاهيم التي نطبقها بتصوراتنا، والحقيقة العلمية هي اكتشاف النظريات التي تصف هذه الحقيقة الأساسية، وتذكر أينشتاين فيما بعد الإلهام والوعي الحقيقي الذي غرسته فيه هذه الكتابات، فقال: «في الخارج هناك ذلك العالم الضخم الذي له وجود مستقل عنا نحن البشر، والذي يقف أمامنا كلغز عظيم أبدي».

وعندما التقى أينشتاين وتلمود بعد سنوات في نيويورك خلال زيارة أينشتاين الأولى لها، سأله تلمود عن رأيه في كتابات بيرنشتاين، فقال: «كاتب رائع حقًا، لقد أحدث أثرًا كبيرًا في تطوري بالكامل».

ساعد تلمود أينشتاين على الاستمرار في استكشاف عجائب الرياضيات بأن أهداه كتابًا دراسيًا في الهندسة قبل أن يدرسها كمقرر

دراسي بعامين، وقد أطلق عليه أينشتاين فيما بعد «كتاب الهندسة الصغير المقدس»، وكان يتحدث عنه بانبهار قائلاً: «كانت هنا أقوال جازمة، مثل تقاطع ارتفاعات المثلث في نقطة واحدة، التي يمكن إثباتها بيقين لا تشوبه شائبة من الشك، مع أنها ليست واضحة على الإطلاق، وقد أحدث هذا الوضوح واليقين في نفسي أثرًا لا أستطيع التعبير عنه بالكلمات». وبعد سنوات في محاضرة بجامعة أكسفورد قال أينشتاين: «إذا لم يشعل إقليدس حماسك في شبابك، فاعلم أنك لم تولد لكي تصبح مفكرًا علميًا».

وعندما كان (تلمود) يأتي كل خميس، كان أينشتاين يسر باطلاعه على المسائل التي نجح في حلها خلال الأسبوع، وكان تلمود يستطيع مساعدته في البداية، لكن سرعان ما تفوق تلميذه عليه، ويقول (تلمود): «بعد فترة قصيرة- بضعة أشهر- كان قد فرغ من الكتاب كله، ومن ثم تفرغ لدراسة الرياضيات المتقدمة... وسرعان ما انطلقت عبقريته في الرياضيات فلم أعد أستطيع أن ألاحقها».

ولذا تحول طالب الطب المنبهر إلى اطلاع أينشتاين على علم الفلسفة، وقال عن ذلك: «رشحت له الفيلسوف الفرنسي كانط Kant، ومع أنه كان في ذلك الوقت لا يزال طفلاً في الثالثة عشرة من عمره، فيبدو أن أعمال كانط- التي لا يفهمها البشر العاديون- كانت واضحة له». أصبح كانط الفيلسوف المفضل لأينشتاين فترة من الزمن، وقاده آخر الأمر إلى التبحر في أعمال ديفيد هيوم وارنست ماخ والتعمق في قضية ما يمكن معرفته عن الواقع.

وقد أحدث تعرض أينشتاين للعلم رد فعل مفاجئ ضد الدين في سن

الثانية عشرة، في الوقت الذي كان من المفترض أن يستعد فيه للاحتفال بوصوله سن التكليف (سن الثالثة عشرة في الديانة اليهودية). كان بيرنشتاين يحرص في كتبه العلمية واسعة الانتشار على المواءمة بين العلم والدين، وقد قال ذات مرة: «تكمن النزعة الدينية في الشعور الخفي في وجدان كل البشر بأن هذا الكون- بما فيه من بشر- لم يخلق عبثًا بحال من الأحوال، بل هو عمل منظم، وأن هناك علة أساسية لهذا الوجود».

اقترب أينشتاين فيما بعد من اعتناق هذه الآراء، لكن وثبته بعيدًا عن الإيمان في ذلك الوقت كانت وثبة واسعة وقال: «سرعان ما توصلتُ- من خلال قراءة كتب العلوم المبسطة- إلى يقين بأن أجزاء كثيرة من قصص الكتاب المقدس لا يمكن أن تكون حقيقية، وكانت النتيجة حماسًا جنونيًا للفكر الحر، مقترنًا بالشعور بأن الدولة تتعمد خداع الشباب بالأكاذيب، وكان شعورًا طاغيًا».

من ثم تجنب أينشتاين الطقوس الدينية بقية حياته، وقال صديقه فيليب فرانك فيما بعد: «أصبح أينشتاين يمقت الممارسة التقليدية لليهودية، أو أي دين من الأديان السائدة، وصار ينفر من حضور الصلاة في المعبد، وهو نفور لم يتخلص منه قط»، ومع ذلك فقد احتفظ من مرحلة طفولته الدينية باحترام عميق لاتساق وجمال ما أسماه بعقل الخالق، الذي تجلى في خلق الكون ونواميس الطبيعة.

كان لتمرد أينشتاين على العقيدة الدينية أثر عميق في نظرته العامة تجاه الآراء والأفكار السائدة، فقد رسخ بداخله نفورًا من جميع صور العقيدة والسلطة، وهو ما ألقى بظلاله على علمه وآرائه السياسية، وقال فيما بعد: «بذرت هذه التجربة في نفسي بذور الشك في كل صور

السلطة، وهو موقف لم أتزحزح عنه قط». والواقع أن ميله إلى الخروج عن المألوف هو الذي رسم ملامح علمه وفكره الاجتماعي بقية حياته.

وقد نجح فيما بعد أن يفرض هذا العناد بكياسة كانت عادة محبوبة إلي أن أصبح عبقريًا، لكنه لم يكن يحُسن ذلك عندما كان طالبًا وقحًا في المدرسة الثانوية بميونخ. وتقول شقيقته: «لم يكن يشعر بالراحة في المدرسة»، فقد وجد أن أسلوب التدريس- (التدريبات الروتينية)، ومقابلة الأسئلة بالتذمر ومنفر، وكان يمقت على وجه الخصوص المناخ العسكري السائد في المدرسة، وترويض التلاميذ على تقديس السلطة الذي كان يقصد به تعويدهم في سن مبكرة على الانضباط العسكري».

وحتى ميونخ، التي أوجدت بها الروح البافارية أسلوب حياة أقل تشددًا، سيطر عليها هذا التمجيد البروسي للعسكرية، وكان كثير من الأطفال يحبون التظاهر بأنهم جنود، وعندما تأتي مجموعات الجنود تصحبها المزامير والطبول، كان الأطفال يهرعون إلى الشوارع للانضمام إلى الموكب والسير في مشية عسكرية، ولم يكن أينشتاين يفعل مثلهم، وقد بكى عندما شاهد هذا العرض ذات يوم وقال لوالديه: «عندما أكبر لا أريد أن أكون واحدًا من هؤلاء التعساء»، وفسر أينشتاين الأمر فيما بعد فقال: «عندما يجد شخص متعة في السير بخطوة منتظمة مع الموسيقى، فإن هذا كاف ليسقط من عيني، فقد أُعطى عقلاً كبيرًا بطريق الخطأ ليس إلا».

كان رفضه لجميع أنواع النظم الصارمة سببًا في تبرمه من دراسته بالمدرسة الثانوية بميونخ، وقد اشتكى من التعليم الآلي هناك، وقال إنه «أقرب إلى طرق الجيش، حيث يتحقق النظام الميكانيكي بالتنفيذ المتكرر لأوامر عديمة المعنى». وفيما بعد كان يشبه مدرسيه بأفراد

الجيش، وقال: «كنت أرى المعلمين في المدرسة الابتدائية وكأنهم رقباء يتولون التدريب في الجيش، والمعلمين في المدرسة الثانوية وكأنهم ملازمون في الجيش».

ذات مرة سأل أينشتاين الكاتب والعالم البريطاني سي بي سنو إن كان يعرف كلمة سنو الألمانية، فأجاب (سنو) بأنه يعرفها، وأن معناها الإجبار أو الإلزام أو الإكراه، وسأله عن سبب سؤاله، فأجاب أينشتاين أنه قام بأول إضراب ضد سنو في مدرسته بميونخ، وقد ساعد هذا الموقف في تحديد ملامح شخصيته منذ ذلك الحين.

أصبح الشك ومعارضة الآراء والأفكار السائدة سمة مميزة في حياته، وقال في خطاب لصديق يعتبره بمنزلة الأب عام 1901: «إن الإيمان الأحمق بالسلطة هو ألد أعداء الحقيقة».

وطوال حياته العلمية التي امتدت ستة عقود- سواء أثناء تزعمه لثورة الكم أو أثناء معارضته لها فيما بعد- ساعد هذا الموقف في رسم ملامح عمل أينشتاين، وقد قال بانيش هوفمان الذي كان يعاون أينشتاين في سنواته الأخيرة: «إن شكه المبكر في السلطة- الذي لم يتخلص منه تمامًا قط- كان له أثر حاسم، فما كان سيكتسب بدونه استقلالية عقله القوية التي منحته الشجاعة لتحدي معتقدات علمية راسخة، وإحداث ثورة في علم الفيزياء».

هذا الاحتقار للسلطة لم يحببه إلى معلميه الألمان بالمدرسة، ونتيجة لذلك أعلن أحد مدرسيه أن وقاحته جعلته شخصًا غير مرغوب فيه في الفصل، وعندما أصر أينشتاين على أنه لم يرتكب أية مخالفة، رد المعلم: «نعم، هذا حقيقي، لكنك تجلس في الصف الأخير وتبتسم، ومجرد وجودك هنا يفسد احترام الفصل لي».

تصاعد توتر أينشتاين إلى درجة الاكتئاب- بل ربما دنا من درجة الانهيار العصبي- عندما انهارت تجارة أبيه فجأة، وكان الانهيار حادًا. كانت شركة الأخوين أينشتاين تحقق نجاحًا خلال معظم سنوات دراسة أينشتاين، وفي عام 1885 كان بها مائتا موظف، ووفرت أول مصابيح كهربية لمهرجان أوكتوبيرفيست بميونخ، وخلال السنوات القليلة التالية فازت بعقد توصيل الكهرباء لمنطقة شوابينج- وهي ضاحية من ضواحي ميونخ يبلغ عدد سكانها عشرة آلاف نسمة- باستخدام محركات تعمل بالغاز لتشغيل مولدين صممهما الاخوان أينشتاين، وفاز ياكوب أينشتاين بست براءات اختراع لتطوير المصابيح القوسية، والقواطع الآلية للدوائر الكهربية، والعدادات الكهربية. كانت الشركة مهيأة تمامًا لمنافسة شركة سيمنز وغيرها من شركات الطاقة، ولجمع المال رهن الاخوان أينشتاين منزليهما، واقترضا أكثر من 60000 مارك بفائدة 10%، وغرقا في الدين محاولين انقاذ شركتهم.

ولكن عام 1894 - عندما كان أينشتاين في الخامسة عشرة- أفلست الشركة بعد أن خسرت مسابقات لإنارة الجزء المركزي من ميونخ ومواقع أخرى، وانتقل والداه وشقيقته مع العم ياكوب إلى شمال إيطاليا- إلى ميلانو أولاً ثم إلى مدينة بافيا القريبة منها- حيث اعتقد الشركاء أنها ستكون أرضًا خصبة لشركة صغيرة، وقد هدم مقاول بيتهم الأنيق لإنشاء عمارة سكنية. بقي أينشتاين في ميونخ في منزل أحد الأقارب لكي يكمل السنوات الثلاث الأخيرة في المدرسة.

ولم يكن من الواضح تمامًا إذا كان أينشتاين في هذا الخريف الحزين لعام 1894 قد أُجبر بالفعل على مغادرة المدرسة الثانوية بليوتبولد، أم

جرى تشجيعه بأدب على مغادرتها، وذكر بعد سنوات أن المعلم الذي قال: «إن وجوده يفسد احترام الفصل لي» قد تمادى «فأعرب عن رغبته في أن أترك المدرسة»، وجاء في كتاب مبكر كتبه أحد أفراد أسرته أنه كان قراره الشخصي، وإنه «زاد عزم ألبرت على عدم البقاء في ميونخ، وقد وضع خطة لذلك» نعم لقد وضع اينشتاين خطة كي يغادر المدرسة.

تضمنت الخطة الحصول على خطاب من طبيب العائلة- الأخ الأكبر لماكس تلمود- يثبت أنه يعاني إجهادًا عصبيًا، وقد استغل هذا الخطاب لتبرير مغادرته المدرسة في إجازة عيد الميلاد عام 1894 وعدم العودة، واستقل قطارًا عبر جبال الألب متوجهًا إلى إيطاليا وأبلغ والديه «القلقين» أنه لن يعود قط إلى ألمانيا، ووعدهما بأنه سوف يدرس بمفرده، ويحاول الالتحاق بكلية فنية في زيورخ في الخريف التالي.

ربما كان هناك عامل آخر أثر في قراره بمغادرة ألمانيا، فلو أنه ظل هناك حتى يبلغ السابعة عشرة لطُلب منه الالتحاق بالجيش، وهو أمر قالت شقيقته إنه «كان يثير ذعره»، لذا فبالإضافة إلى إعلانه عدم العودة إلى ميونخ، فإنه سرعان ما طلب مساعدة أبيه في التخلي عن جنسيته الألمانية.

قضى أينشتاين ربيع وصيف عام 1895 مقيمًا مع والديه بشقتهما في بافيا، وكان يساعد في العمل في شركة العائلة، واستطاع في تلك الأثناء أن يفهم جيدًا فكرة عمل المغناطيسات والملفات والكهرباء المولدة، وقد أثار عمل أينشتاين إعجاب عائلته، فذات مرة كان عمه ياكوب يواجه مشكلات في العمليات الحسابية لماكينة جديدة، لذلك بدأ أينشتاين العمل عليها، وقال ياكوب لأحد أصدقائه: «بعد أن أجهدت ذهني أنا

والمهندس المساعد طوال أيام، حل هذا الفتى الصغير المشكلة في خمس عشرة دقيقة فقط، سوف تسمع عنه خيرًا ذات يوم».

وبسبب حبه للعزلة في الجبال، كان أينشتاين يسير أيامًا في جبال الألب وجبال الأبنين، وقطع ذات مرة رحلة من بافيا إلى جنوة لرؤية خاله يوليوس كوخ، وأينما سافر في شمال إيطاليا، كان يسر بمشاعر الود والرقة لدى الناس، وهي مشاعر لم يكن يتسم بها الشعب الألماني، فقد كانت «بساطة» الإيطاليين تتناقض مع «الألمان الذين انكسرت أرواحهم».

كان أينشتاين قد وعد أسرته بأنه سيدرس وحده من أجل الالتحاق بمعهد فني محلي، هو معهد زيورخ الفني لذلك اشترى كتب جول فيول Jules Violle الثلاثة في الفيزياء المتقدمة، ودون أفكارًا غزيرة في الهوامش، وتتذكر شقيقته أن عاداته في العمل أظهرت قدرته على التركيز، وتقول: «حتى في وجود مجموعة كبيرة صاخبة، كان ينسحب بنفسه إلى الأريكة، ويأخذ قلمًا وأوراقًا في يده ويضع المحبرة بصورة غير مأمونة على مسند ذراع الكرسي، وينغمس بشكل كامل في حل المسألة، لدرجة أن الضجيج الحادث من جميع الأصوات من حوله كان يحفزه بدلاً من أن يزعجه».

وتتذكر في ذلك الصيف- وهو في سن السادسة عشرة- كتب مقالته الأولى في الفيزياء النظرية تحت عنوان: «بحث حالة الأثير في مجال مغناطيسي»، وكان الموضوع مهمًا لأن فكرة الأثير أساسيًا في حياة أينشتاين العملية، كان العلماء في ذلك الوقت مقتنعين بأن الضوء ما هو إلا موجة، ولذلك افترضوا أن الكون لابد أن يحتوي على مادة غير مرئية منتشرة في كل مكان تُحدث التموجات، وبذلك تنتشر الموجات، مثلما

أن الماء وسط يتموج لأعلى ولأسفل وينشر بذلك الموجات في المحيط، وأطلقوا على هذه المادة اسم الأثير، وكان أينشتاين (على الأقل في ذلك الوقت) متفقًا معهم في هذه الفرضية، فقد جاء في مقالته: «إن التيار الكهربي يحدث في الأثير المحيط نوعًا من الحركة اللحظية».

كان البحث الذي قدمه مكونًا من أربع عشرة فقرة ومكتوبًا بخط اليد، وكان يردد صدى كتاب فيول بالإضافة إلى بعض المقالات المنشورة في مجلات تبسيط العلوم حول اكتشافات هنريج هيرتز في الموجات الكهرومغناطيسية، وفي هذا البحث طرح أينشتاين أفكارًا لتجارب يمكن أن تفسر «المجال المغناطيسي الناشئ حول تيار كهربي»، ورأى أن هذا سيكون مفيدًا «لأن استكشاف مرونة الأثير في هذه الحالة سوف يتيح لنا إلقاء نظرة على الطبيعة الغامضة للتيار الكهربي».

اعترف الطالب الذي لم يتم دراسته الثانوية صراحة بأنه كان يقدم بضعة اقتراحات فقط دون أن يعرف إلى أين ستقود، وكتب عن ذلك قائلا: «لما كانت تتقضي المواد اللازمة للتعمق في بحث الموضوع إلى درجة أبعد من مجرد التأمل، فأرجوكم ألا تفسروا هذا على أنه علامة على السطحية».

أرسل البحث إلى خاله سيزار كوخ، الذي كان تاجرًا في بلجيكا وواحدًا من أقاربه المحببين، وكان يساعده أحيانًا بالمال، واعترف أينشتاين متظاهرًا بالتواضع وقال: «إن البحث يتسم بالنقصان والسذاجة نوعًا ما، كما هو متوقع من شاب صغير مثلي»، وأضاف أن هدفه كان التسجيل في الخريف التالي بمعهد زيورخ الفني، لكنه كان قلقًا لأن سنة أصغر من السن المطلوب وقال «ينبغي أن أكون أكبر بسنتين على الأقل».

ولمساعدته في التغلب على عقبة السن، كتب صديق للعائلة إلى مدير المعهد يطلب منه استثناء، ونستطيع استنتاج نغمة الخطاب من رد المدير الذي أعرب فيه عن شكه في قبول هذا «الطفل المعجزة المزعوم»، ومع ذلك فقد سُمح لأينشتاين بأداء امتحان الدخول، واستقل القطار المتجه إلى زيورخ في أكتوبر/ تشرين الأول 1895 «شاعرًا بتردد له ما يبرره».

ومما لا يثير الدهشة أنه اجتاز الأجزاء الخاصة بالرياضيات والعلوم في الامتحان، لكنه رسب في القسم العام الذي تضمن أقسامًا في الأدب واللغة الفرنسية وعلم الحيوان وعلم النبات والسياسة، واقترح أستاذ الفيزياء ورئيس المعهد هنريخ فيبر أن يبقى أينشتاين في زيورخ ويحضر المحاضرات كطالب مستمع، غير أن أينشتاين قرر- بناء على نصيحة مدير المعهد- أن يقضي سنة إعداد بمدرسة في قرية آرو التي تبعد خمسة وعشرين ميلاً جهة الغرب.

كانت المدرسة مثالية لأينشتاين، فقد كان التدريس قائمًا على فلسفة مصلح تعليمي سويسري في أوائل القرن التاسع عشر هو يوهان هنريخ بيستالوتزي الذي كان يؤمن بتشجيع الطلاب على تخيل الصور، وكان يؤمن أيضًا بأهمية تربية «الكرامة الداخلية» والتميز الفردي لدى كل طفل، وكان بيستالوتزي يدعو إلى أنه ينبغي أن يسمح للطلاب بأن يخرجوا باستنتاجاتهم الخاصة عن طريق سلسلة من الخطوات تبدأ بالمشاهدة المباشرة، ثم تنتقل بعد ذلك إلى الفرضيات والتفكير النظري ورسم الصور الذهنية وكان من الممكن أيضًا تعلم قوانين الرياضيات والفيزياء بهذه الطريقة وفهمها حق الفهم، وكان يجري تجنب الاستظهار، وقبول الحقائق دون اقتناع.

أحب أينشتاين آرو، وتقول شقيقته: «كان التلاميذ يعاملون كأفراد مستقلين وكانت المدرسة تولي اهتمامًا أكبر للتفكير المستقل عن التفوق في العلم، وكان الشباب ينظرون للمعلم ليس على أنه رمز من رموز السلطة، بل إنسان ذو شخصية متميزة، شأنه شأن طلابه». لقد كان ذلك صورة النقيض للتعليم الألماني الذي كرهه أينشتاين، وقال أينشتاين فيما بعد: «عندما أقارنها بالسنوات الدراسية الست في مدرسة ثانوية ألمانية سلطوية، أدرك بوضوح مدى تفوق التعليم القائم على حرية التصرف والمسئولية الشخصية على التعليم الذي يعتمد على السلطة الخارجية».

أصبح التفكير بالصور الذهنية- الذي أكد عليه بيستالوتزي ومن جاءوا بعده في آرو- جانبًا مهمًا في عبقرية أينشتاين، وقد كتب بيستالوتزي قائلا: «الفهم البصري هو الوسيلة الوحيدة الأساسية والحقيقية لتعلم كيفية الحكم على الأشياء بطريقة صحيحة، وينبغي دون شك أن يأتي تعلم الأرقام واللغة في المرتبة الثانية».

ومما لا يثير الدهشة أن أينشتاين شغل نفسه في تلك المدرسة بالتجربة الفكرية البصرية، التي سوف تساعده على أن يكون أعظم عبقري علمي في عصره؛ فقد حاول تخيل ما سيحدث لو أنه انطلق بمحاذاة أشعة الضوء، وقال لأحد أصدقائه فيما بعد: «في آرو قمت بأولى تجاربي الصبيانية نوعًا ما في التفكير، وأثرت هذه التجربة تأثيرًا مباشرًا في النسبية الخاصة. فلو أن شخصًا استطاع أن يلاحق موجة ضوئية بنفس سرعة الضوء، فسوف يكون لديه نظام موجي مستقل تمامًا عن الزمن، وهذا بالطبع أمر مستحيل».

أصبح هذا النوع من التجارب الفكرية التخيلية علامة فارقة في حياة أينشتاين، وظل طوال سنوات يتخيل في ذهنه صورًا مثل ضربات البرق والقطارات المتحركة وتسارع المصاعد وسقوط عمال الطلاء والخنافس العمياء ثنائية الأبعاد التي تزحف على أغصان منحنية، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من الآلات الغريبة المصممة لتحدد- على الأقل نظريًا- موقع وسرعة الإلكترونات المتسارعة.

حينما كان أينشتاين يدرس في آرو، كان يسكن مع أسرة رائعة هي أسرة فينتلر التي ارتبط أفرادها بحياته لفترة طويلة، فقد كان هناك يوست فينتلر الذي كان معلمًا لمادتي التاريخ واللغة اليونانية في المدرسة، وزوجته روزا التي كان يدعوها أينشتاين ماميرل Mamerl أو ماما، هذا إلى جانب أبنائهما السبعة. وأصبحت ابنتهما ماري Marie أول صديقة لأينشتاين، كما تزوجت ابنة أخرى هي آنا من ميكيلي بيسو Michele Besso، أقرب أصدقاء أينشتاين، وتزوج ابنهما بول أخت أينشتاين المحبوبة مايا.

كان الأب يوست فينتلر ليبراليًا يشارك أينشتاين حساسيته تجاه النزعة العسكرية الألمانية وتجاه النزعة القومية بوجه عام، وقد ساعد إخلاصه ومثاليته السياسية في تشكيل الفلسفة الاجتماعية لدى أينشتاين، وأصبح أينشتاين نصيرًا للفيدرالية العالمية والتعاون الدولي ونبذ العنف والاشتراكية الديمقراطية، مع إيمان عميق بحرية الفرد وحرية التعبير.

والأهم أن أينشتاين أصبح في ظل الدفء الذي أمدته به عائلة فينتلر أكثر إحساسًا بالأمان وأكثر أناقة، ومع أنه كان لا يزال يرى نفسه وحيدًا، فقد ساعدته أسرة فينتلر على أن ينضج عاطفيًا ويقيم علاقات

صداقة. وتقول الابنة آنا: «كان يتمتع بروح الدعابة، وكان أحيانًا يضحك من أعماق قلبه»، وكان يذاكر أحيانًا في فترة المساء، «لكنه في معظم الأحيان كان يجلس مع العائلة حول المائدة».

صار أينشتاين شابًا جذابًا يمتلك- حسبما قالت واحدة من معارفه- «جمالاً ذكوريًا من النوع الذي كان يخلب عقول النساء». كان له شعر أسود مموج، وعينان معبرتان، وجبهة عريضة، وكان يميل إلى المرح، «وربما كان الجزء السفلي من وجهة ينتمي إلى شخص شهواني عاشق للحياة».

وفيما بعد كتب أحد زملاء دراسته- هانز بايلاند- وصفًا مدهشًا «للسوابي الوقح» الذي ترك أثرًا لا يمحى، فقال: «كان يسير واثقًا بنفسه وقبعته الرمادية مدفوعة إلى الوراء على شعره الأسود الكثيف، وكان يمشي بنشاط هنا وهناك بالإيقاع السريع- ربما أقول (المجنون- المميز) لروح قلقة تحمل بين جنباتها عالمًا بأسره. لم يكن شيء يفلت من النظرة الثاقبة لعينيه البنيتين الواسعتين البراقتين، وكانت شخصيته الآسرة تفتن كل من يتعامل معه، والابتسامة الساخرة المرتسمة على شفتيه الممتلئتين تثني الجهال عن مخالطته».

وأضاف (بيلاند) أن أبرز ما ميز شخصية أينشتاين الشاب هو ذكاؤه المخيف في بعض الأحيان، «فقد واجه روح العالم كفيلسوف ضاحك، وكانت سخريته اللاذعة تعاقب بقسوة كل صور الغرور والتكلف».

وقع أينشتاين في حب (ماري فينتلر) نهاية عام 1895، بعد بضعة أشهر من انتقاله للإقامة مع والديها، وكانت قد أنهت لتوها دراستها بمعهد تدريب المعلمين، وكانت تقيم بالمنزل وهي تنتظر وظيفة في قرية قريبة، وكانت آنذاك في الثامنة عشرة من عمرها، وكان أينتشاين

لا يزال في السادسة عشرة، وأسعدت علاقتهما كلا الأسرتين. أرسل أينشتاين وماري تهنئة بعيد رأس السنة إلى أمه، وقد ردت بود: «أسعدني خطابك الرقيق يا آنسة ماري سعادة غامرة».

وفي شهر أبريل/ نيسان التالي، عندما كان أينشتاين مع أسرته في بافيا لقضاء عطلة الربيع، كتب لماري أول خطاب حب معروف له:

حبيبة قلبي!

شكرًا جزيلاً يا حبيبتي على رسالتك الرقيقة الفاتنة التي جعلتني في منتهى السعادة، كم كان رائعًا أن أضم إلى قلبي تلك الورقة الصغيرة التي تطلعت إليها بحب عيناك الصغيرتان الغاليتان، وانسابت عليها بنعومة يداك الرقيقتان الصغيرتان. لقد أدركت الآن يا ملاكي الصغير معنى الحنين إلى الوطن والاشتياق، لكن السعادة التي يجلبها الحب أكثر بكثير من الألم الذي يورثه الاشتياق...

وقد أحبتك أمي أيضًا كثيرًا، مع أنها لا تعرفك، فقد جعلتها تقرأ خطابين فقط من خطاباتك الرقيقة، ودائمًا ما تضحك مني لأنني لم أعد أنجذب للفتيات اللاتي كن يستهوينني كثيرًا في الماضي، فأنت تعنين لي أكثر مما كان العالم يعني لي من قبل.

وقد خطت أمه إليها بقلمها عبارة في ختام الرسالة: «دون أن أقرأ هذا الخطاب، أرسل إليك تحياتي القلبية!»

على الرغم من أن أينشتاين كان يستمتع بالمدرسة في آرو، فقد اتضح أنه طالب متفاوت المستوى، فقد ذكر تقرير الدخول أنه يحتاج إلى مساعدة في الكيمياء وأن لديه «ثغرات هائلة» في معرفته باللغة الفرنسية، وفي منتصف العام الدراسي كان لا يزال مطالبًا بـ«مواصلة

الدروس الخصوصية في اللغة الفرنسية والكيمياء» و«ظلت الشكوى من اللغة الفرنسية قائمة». كان والده متفائلاً عندما أرسل له (يوست فينتلر) شهادة نصف العام، وكتب: «لا تقي جميع أجزائها بآمالي وتوقعاتي، لكنني اعتدت مع ألبرت على أن أجد درجات دون المتوسط إلى جانب درجات عالية، ولذلك فأنا لست مغتمًا بها».

ظل أينشتاين شغوفًا بالموسيقى، وكان هناك تسعة من عازفي الكمان في فصله، ولاحظ معلمهم أنهم يعانون «بعض الخشونة في أسلوب تحريك القوس بين الحين والآخر»، لكنه اختص أينشتاين بالمديح فقال: «تألق أحد الطلاب، ويدعى أينشتاين، في عزف مقطوعة من سوناتا لبيتهوفن بفهم عميق»، وقد اختير أينشتاين في حفل موسيقى بالكنسية عازف الكمان الأول في مقطوعة لباخ، وأثارت «نغماته الساحرة وإيقاعه الذي لا يضاهى» انبهار عازف الكمان الثاني، فسأله: «هل تعد النغمات؟» وأجاب أينشتاين: «كلا، إنها في دمي».

وتحدث زميل دراسته (بايلاند) عن عزفه لسوناتا لموتسارت بعاطفة ملتهبة، وقال «ما هذه العاطفة المشبوبة في عزفه!»- حتى أحسست أنني أسمع اللحن لأول مرة، وأدرك بايلاند وهو يستمع إليه أن سخرية أينشتاين اللاذعة ليست إلا قشرة خارجية تغلف روحه الداخلية الرقيقة، وقال: «كانت شخصيته من تلك الشخصيات المنقسمة التي تعرف كيف تحتمي بمظهر خارجي تكسوه الأشواك بداخلها المملكة الرقيقة لحياتها الشخصية المفعمة بالمشاعر».

كان بغُض أينشتاين للمدارس السلطوية الألمانية والمناخ العسكري سببًا في رغبته في التنازل عن جنسية هذه البلاد، وقد عزز ذلك يوست

فينتلر الذي كان يحتقر صور النزعة القومية كافة، وغرس في أينشتاين الاعتقاد بأن الناس يجب أن يعتبروا أنفسهم مواطنين في العالم، لذا طلب من والده مساعدته في التخلص من جنسيته الألمانية، وجاءت الموافقة في يناير/ كانون الثاني 1896، وأصبح في ذلك الوقت بلا جنسية.

وأصبح في تلك السنة أيضًا بلا انتماء ديني، وقد كتب والده في استمارة طلب إسقاط جنسيته الألمانية- وكان ذلك على الأرجح بناء على طلب ألبرت- أنه «لا ينتمي لطائفة دينية»، وفعل ألبرت المثل عند التقدم لطلب الإقامة في زيورخ بعد بضع سنوات، وفي مناسبات عديدة على مدى العقدين التاليين.

كانت ثورته على الدين بعد تعصبه العارض في طفولته لليهودية- فضلاً عن شعوره بالانعزال عن المجتمع اليهودي في ميونخ- قد أقصته عن تراثه، وقد قال فيما بعد لمؤرخ يهودي: «إن دين الآباء- كما عرفته في ميونخ في الدروس الدينية وفي المعبد- صدني عن الدين بدلاً من أن يجذبني إليه، فالدوائر البرجوازية اليهودية التي عرفتها في شبابي بثرائها وافتقارها لروح المجتمع لم تقدم لي شيئًا يبدو ذا قيمة».

وفيما بعد عندما تعرض للحملات الخبيثة لمعاداة السامية في عشرينيات القرن العشرين، بدأ أينشتاين في العودة لهويته اليهودية، وقد قال أينشتاين ذات مرة: «لا يوجد بداخلي شيء يمكن أن يوصف «بإيمان يهودي»، ومع ذلك فأنا سعيد لكوني واحدًا من أبناء الشعب اليهودي»، وعبر فيما بعد عن الفكرة نفسها بصيغ متنوعة، فقد قال ذات مرة: «إن اليهودي الذي يتخلى عن دينه يشبه قوقعة تخلت عن صدفتها؛ وإنها لا تزال قوقعة».

ولذلك يجب ألا يُنظر إلى تخليه عن اليهودية عام 1896 على أنه

انفصال نهائي عن اليهودية، بل على أنه جزء من التطور الذي استمر طوال حياته لمشاعره حيال هويته الثقافية، وقد كتب إلى أحد أصدقائه قبل سنة من وفاته: «لم أكن لأعي حينئذ ما يعنيه التخلي عن اليهودية، لكنني كنت أدرك تمامًا أصلي اليهودي، مع أنني لم أدرك المعنى الكامل لانتمائي لليهود إلا في وقت متأخر».

أنهى أينشتاين سنته في مدرسة آرو على نحو رائع لأي شخص عدا واحدًا من أعظم عباقرة التاريخ، إذ حصل على المركز الثاني على فصله، (وللأسف فإن اسم الطالب الذي تفوق على أينشتاين راح طي النسيان). وكان نطاق الدرجات من واحد إلى ستة، وقد حصل على 5 أو 6 في جميع مقررات العلوم والرياضيات، وكذلك في التاريخ واللغة الإيطالية، بينما كانت أقل درجاته هي 3 في اللغة الفرنسية.

وأهله هذا لأن يدخل سلسلة من الامتحانات التحريرية والشفهية تسمح له إذا نجح بالالتحاق بمعهد زيورخ الفني، وفي امتحان اللغة الألمانية كتب ملخصًا سريعًا لواحدة من مسرحيات جوته وحصل على خمس درجات، وفي الرياضيات وقع في خطأ نتيجة تسرعه بأن وصف رقمًا بأنه «تخيلي» عندما كان يقصد «غير نسبي»، لكنه حصل مع ذلك على درجة عالية، وفي الفيزياء وصل متأخرًا وغادر مبكرًا، وأنهى اختبارًا مدته ساعتان في ساعة وخمس عشرة دقيقة، وحصل على درجة عالية، وحصل في المجموع على 5,5، وهي أفضل درجة من بين تسعة طلاب تقدموا للامتحان.

كانت اللغة الفرنسية هي الجزء الوحيد الذي لم يبل فيه بلاء حسنًا، غير أن مقالته المكونة من ثلاث فقرات هي الجزء الأكثر أهمية في

جميع امتحاناته، كان الموضوع هو: «مشروعاتي من أجل المستقبل، وعلى الرغم من أن لغته الفرنسية لم تكن جيدة، فإن رؤيته الخاصة كانت كالآتي:

إذا حالفني الحظ ونجحت في امتحاناتي، فسوف ألتحق بمعهد زيورخ الفني، وسوف أمكث هناك أربع سنوات لدراسة الرياضيات والفيزياء، وأظن أنني سأصبح معلمًا في هذه المجالات العلمية، وسوف أختار الجانب النظري من هذه العلوم.

وهذه هي الأسباب التي قادتني إلى هذه الخطة، وهي- في المقام الأول- موهبتي الشخصية في التفكير الرياضي والمجرد... وقد قادتني رغباتي أيضًا إلى نفس القرار، وهذا أمر طبيعي تمامًا؛ فكل هذا يميل إلى القيام بما اتمتع بموهبة فيه، فضلاً عن أنني منجذب إلى الاستقلالية التي توفرها مهنة العلم.

في صيف 1896 تعرضت شركة الأخوين أينشتاين للأعمال الكهربية للإفلاس مرة أخرى، وهذه المرة لأنهما فشلا في الحصول على حقوق استغلال المياه اللازمة لبناء نظام كهرومائي في بافيا، وقد جرى حل الشركة بطريقة ودية، والتحق ياكوب بالعمل في شركة كبيرة كمهندس، لكن هيرمان- الذي كان تفاؤله وغروره يطغيان على أي تعقل- أصر على افتتاح شركة أخرى للمولدات الكهربية، في ميلانو هذه المرة، وكان أينشتاين متشككًا في فرص نجاح أبيه حتى إنه ذهب إلى أقاربه واقترح عليهم ألا يمدوه بالمال مرة أخرى، لكنهم فعلوا.

وكان هيرمان يأمل في أن ينضم إليه أينشتاين يومًا ما في أعماله،

لكن الهندسة لم تكن تستهويه كثيرًا، وكتب لصديق فيما بعد: «كان من المفترض في الأصل أن أصبح مهندسًا، فلم أتحمل فكرة بذل طاقتي الإبداعية في أشياء تجعل الحياة اليومية العملية أكثر رفاهية، بهدف كسب مال زهيد، فالتفكير فيها مثل الموسيقى!» وهكذا اتجه نحو الطريق الصحيح إلى المعهد الفني بزيورخ.

الفصل الثاني

اينشتاين في شبابه

كان المعهد الفني بزيورخ بطلابه البالغ عددهم 841 طالبًا كلية يتخرج منها في الأساس المدرسون والفنيون عندما التحق به ألبرت أينشتاين وهو في السابعة عشرة في أكتوبر/ تشرين الأول 1896، وكان أقل شأنًا من جامعة زيورخ المجاورة والجامعات الأخرى في جنيف وبازل، التي كانت جميعها تمنح درجات الدكتوراه غير أن المعهد كان يتمتع بمكانة مرموقة في الهندسة والعلوم، وكان هنريخ فيبر رئيس قسم الفيزياء قد حصل حديثًا على مبنى جديد فخم. موله واحد من أقطاب صناعة الإلكترونيات هو فيرنر فون سيمنز (المنافس لشركة الأخوين أينشتاين)، وكان المعهد يضم معامل مزودة بأجهزة اشتهرت بدقة قياساتها.

كان أينشتاين واحدًا من أحد عشر طالبًا جديدًا مسجلين في القسم الخاص بإعداد المعلمين «المتخصصين في الرياضيات والفيزياء»، وكان يقيم في بيت الطلبة، ويعيش على مصروف شهري يبلغ 100 فرنك سويسري يحصل عليه من أقاربه من عائلة كوخ، ويوفر منه عشرين فرنكًا كل شهر من أجل الرسوم التي سيضطر لدفعها في النهاية للحصول على الجنسية السويسرية.

كانت الفيزياء النظرية تأخذ مكانها الصحيح كعلم أكاديمي في تسعينيات القرن التاسع عشر، وكانت المناصب التعليمية في هذا المجال تتوافر بكثرة في جميع أنحاء أوروبا، وقد جمع رواد هذا المجال- أمثال

ماكس بلانك في برلين، وهندريك لورنتز في هولندا، ولودفيج بولتزمان في فيينا- ما بين الفيزياء والرياضيات لاقتراح مسارات لم يطرقها بعد العلماء التجريبيون، ومن ثم كان من المفترض أن تكون الرياضيات جزءًا أساسيًا من دراسات أينشتاين في المعهد الفني.

بيد أن موهبة أينشتاين في الفيزياء كانت تفوق موهبته في الرياضيات، ولم يدرك بعد كيف سيرتبط العلمان (الفيزياء والرياضيات) ارتباطًا وثيقًا أحدهما مع الآخر في السعي إلى نظريات جديدة، وخلال سنواته الأربع في المعهد الفني كان يحصل على 5-6 درجات في جميع مقررات الفيزياء النظرية، لكنه كان يحصل على أربع درجات فقط في معظم مقررات الرياضيات، لاسيما مقررات الهندسة، وقد اعترف قائلاً: «لم يكن واضحًا لي كطالب أن المعرفة العميقة بالمبادئ الأساسية للفيزياء ترتبط بأكثر المناهج الرياضية تعقيدًا».

وقد أدرك أينشتاين هذه الحقيقة بعد عقد آخر، عندما كان يحاول استيعاب الجانب الهندسي في نظريته عن الجاذبية، ووجد نفسه مضطرًا إلى الاعتماد على مساعدة أستاذ رياضيات وصفه ذات مرة بأنه كلب كسول، وكتب إلى زميل له عام 1912: «لقد أصبحت أكن احترامًا عظيمًا للرياضيات، وقد كنت لحماقتي أعتبر الجزء الأكثر غموضًا منها ترفًا خالصًا حتى الآن». وقبيل نهاية حياته أعرب عن أسفه بطريقة مشابهة في حديث مع صديق شاب فقال: «في سن مبكرة كنت أفترض أن الفيزيائي الناجح لا يحتاج إلا إلى معرفة أساسيات الرياضيات، وفيما بعد أدركت مع الأسف الشديد أن فرضي كان خاطئًا تمامًا».

كان أستاذه في الفيزياء الأساسية هو هنريخ فيبر. ذلك الأستاذ

الذي كان قبل عام معجبًا به لدرجة أنه حتى عندما رسب في امتحان القبول بالمعهد، ألح عليه بالبقاء في زيورخ وحضور محاضراته كمستمع، واستمر إعجابهما المتبادل خلال السنتين الأوليين في المعهد، وكانت محاضرات فيبر من بين المحاضرات القليلة التي أعجبته، وكتب خلال سنته الثانية قائلا: «كان فيبر يحاضر عن الحرارة ببراعة فائقة، فقد كانت تروق لي المحاضرة تلو الأخرى» وعمل أينشتاين في معمل فيبر «بحماس وشغف شديدين»، ودرس معه خمسة عشر مقررًا (خمس مقررات عملية، وعشر نظرية)، وحصل على درجات عالية فيها جميعًا.

غير أن أينشتاين فقد انبهاره (بفيبر) شيئًا فشيئًا، قال: فقد تشعر أن الأستاذ يركز كثيرًا على الأساسيات التاريخية للفيزياء، ولا يتعرض كثيرًا لمجالات البحث المعاصرة، وقد قال أحد المعاصرين لأينشتاين عن ذلك: «كان يهمل أي شيء أتى بعد هيلمولتز ومع نهاية دراستنا كنا نعرف كل شيء عن ماضي الفيزياء، لكننا لم نعرف شيئًا عن حاضرها ومستقبلها».

ما كان غائبًا على وجه الخصوص في محاضرات (فيبر) هو أي ذكر للاكتشافات العلمية العظيمة لجيمس ماكسويل كلارك الذي وضع بدءًا من عام 1855 نظريات متعمقة ومعادلات رياضية رائعة تصف كيفية انتشار الموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء، وكتب طالب آخر من زملاء أينشتاين: «انتظرنا دون جدوى عرضًا لنظرية ماكسويل، وكان أينشتاين أكثرنا إحباطًا».

ونظرًا لطبيعته المتهورة لم يخف أينشتاين مشاعره، ونظرًا لاعتزازه بنفسه استشاط فيبر غضبًا إزاء ازدراء أينشتاين الذي لم يكن خافيًا، وفي نهاية سنواتهما الأربع معًا كانا قد صارا خصمين.

كان غضب (فيبر) مثالاً آخر على كيفية تأثر حياة أينشتاين العلمية والشخصية بسمات نفسية متأصلة بعمق في روحه السوابية: استعداده للاعتراض على السلطة دون مبالاة، وموقفه الوقح تجاه الخضوع للنظام، وقلة احترامه للآراء والأفكار السائدة، فكان يميل إلى أن يخاطب فيبر- على سبيل المثال- بطريقة غير رسمية، فيدعوه بـ«السيد فيبر» بدلاً من «السيد الأستاذ»

وعندما طغى شعوره بالإحباط آخر الأمر على إعجابه، كان حكم فيبر على أينشتاين مماثلاً لحكم المعلم الذي كان حانقًا عليه في المدرسة الثانوية بميونخ قبل بضع سنوات، وقال فيبر لأينشتاين: «أنت صبي ذكي جدًا يا أينشتاين، صبي في غاية الذكاء، لكن لديك عيبًا واحدًا كبيرًا: إنك لا تخضع للتوجيه قط».

كان هناك شيء من الحقيقة في هذا التقييم، ولكن أينشتاين برهن على أنه في عالم الفيزياء الصاخب، لم يكن رفض الحكمة التقليدية يُعد من السلبيات.

أثارت وقاحة أينشتاين مشكلات مع أستاذ الفيزياء الآخر بالمعهد (جون برنيه) الذي كان مسئولاً عن التجارب العملية، ففي مقرر التجارب الفيزيائية للمبتدئين، أعطى برنيه أينشتاين درجة واحدة، وهي أقل الدرجات الممكنة، وبذلك أحرز سبقًا تاريخيًا بأن جعل أينشتاين يرسب في مقرر الفيزياء، وكان السبب في ذلك يرجع إلى حد ما إلى أن أينشتاين كان نادرًا ما يحضر محاضرات المقرر، وبناء على طلب كتابي من برنيه في مارس/ آذار 1899، «وجه المدير توبيخًا رسميًا لأينشتاين بسبب عدم اجتهاده في المقرر العملي في الفيزياء».

ذات يوم سأل برنيه أينشتاين: لماذا تتخصص في الفيزياء بدلاً من مجال كالطب أو حتى القانون؟ فأجاب أينشتاين: «لأنني أقل موهبة في هذه المواد، لماذا لا أستطيع- على الأقل- أن أجرب حظي في الفيزياء؟»

وفي المناسبات التي كان أينشتاين يتواضع فيها بالحضور في معمل برنيه، كانت نزعته الاستقلالية توقعه أحيانًا في مشاكل، مثل ذلك اليوم الذي أُعطي فيه ورقة تعليمات لتجربة معينة، ويقول صديقه وكاتب سيرته (كارل سيليج) «نظرًا لاستقلاليته المعتادة، ألقى أينشتاين الورقة في سلة المهملات»، ثم أجرى التجربة بطريقته الخاصة. سأل برنيه أحد مساعديه: «ما رأيك في أينشتاين؟ فهو يخالف دومًا ما آمره به».

رد المساعد: «إنه يفعل ذلك حقًّا يا أستاذ، لكنه يصل إلى حلول صحيحة، ويستخدم طرقًا جديرة بالملاحظة».

وفي النهاية عادت عليه هذه الطرق بالضرر، ففي يوليو/ تموز 1899 أحدث انفجارًا بمعمل برنيه وألحق «إصابات بالغة» بيده اليمنى واضطر للذهاب إلى العيادة لخياطة الجرح، ومنعه الجرح من الكتابة لمدة لا تقل عن أسبوعين، وأجبره على التوقف عن العزف على الكمان لفترة أطول، وكتب لامرأة كان يعزف معها على الكمان في آرو: «اضطررت إلى التخلي عن كماني، وأنا على يقين أنها تتساءل لماذا لا تخرج قط من صندوقها الأسود، لعلها تظن أنها صارت بحوزة مالك آخر». وسرعان ما عاد للعزف على الكمان، لكن الحادثة فيما يبدو جعلته أقرب إلى المنظِّر منه إلى عالم التجارب.

وعلى الرغم من أنه كان يركز على الفيزياء بدرجة أكبر من الرياضيات، فإن الأستاذ الذي كان له آخر الأمر الأثر الإيجابي الأكبر عليه هو أستاذ الرياضيات هيرمان مينكوفسكي وهو يهودي روسي المولد في أوائل

الثلاثينيات من عمره، وكان وسيمًا وذا فك مربع، وقد أعجب أينشتاين بالطريقة التي ربط بها مينكوفسكي الفيزياء بالرياضيات، لكنه تحاشى مقرراته الأكثر صعوبة، وهـذا هو السبب في أن مينكوفسكي وصف أينشتاين بأنه «كلب كسول»، فلم يكن يهتم بالرياضيات على الإطلاق».

كان أينشتاين يحب أن يذاكر مع واحد أو اثنين من أصدقائه، وفقًا لاهتماماته وميوله، ومع أنه كان لا يزال يتباهى بأنه «رحالة وحيد»، فقد بدأ يزور المقاهي ويحضر الحفلات الموسيقية المسائية مع مجموعة متآلفة من الأصدقاء المقربين البوهيميين وزملاء الدراسة، ومع أنه كان معروفًا بميله إلى الانعزال، فقد كون صداقات فكرية دائمة في زيورخ أصبحت من أهم العلاقات في حياته.

كان من بين هؤلاء الأصدقاء مارسيل جروسمان وهو يهودي من الطبقة المتوسطة ونابغة في الرياضيات كان والده يمتلك مصنعًا بالقرب من زيورخ. كان جروسمان يدون ملحوظات غزيرة أثناء المحاضرات ويعطيها لأينشتاين الذي لم يكن مواظبًا على حضور المحاضرات، وفيما بعد قال أينشتاين لزوجة جروسمان متعجبًا: «كان من الممكن أن تُطبع مذكراته وتُنشر، وعندما كان يأتي وقت الاستعداد للامتحانات، كان دائمًا يعيرني هذه المذكرات، وكانت طوق النجاة لي، ولا أدري ماذا كنت سأفعل بدون هذه المذكرات».

كان أينشتاين وجروسمان يدخنان الغليون معًا ويحتسيان القهوة المثلجة وهما يتبادلان الآراء حول الفلسفة في مقهى متروبول على ضفاف نهر ليمات، وقال جروسمان لوالديه: «سوف يصبح أينشتاين هذا في يوم من الأيام رجلاً عظيمًا»، وسوف يسهم فيما بعد في تحقيق هذه النبوءة حينما يساعد أينشتاين في الحصول على وظيفته الأولى

بمكتب براءات الاختراع السويسري، ثم يساعده بعد ذلك في الحسابات الرياضية التي احتاجها لتحويل النسبية الخاصة إلى نظرية عامة.

ولما كانت العديد من محاضرات المعهد الفني تبدو متخلفة وانقضى أوانها، فقد قرأ أينشتاين وأصدقاؤه أحدث النظريات بمفردهم، ويقول أينشتاين: «كنت أتغيب عن المعهد كثيرًا، وقرأت لأساتذة الفيزياء النظرية بحماس شديد في البيت»، وكان من بين هؤلاء الرواد: جوستاف كيرتشوف في الإشعاع، وهيرمان فون هيلمولتز في الديناميكا الحرارية، وهنريخ هيرتز في الكهرومغناطيسية، وبولتزمان في الميكانيكا الإحصائية.

وتأثر أيضًا بالقراءة لمُنظر أقل شهرة هو أوجست فوبل الذي ألف عام 1894 كتابًا شهيرًا وأشار مؤرخ العلوم جيرالد هولتون إلى أن كتاب فوبل يزخر بالمفاهيم التي سرعان ما سيصبح لها صدى في أعمال أينشتاين، فقد كان يتضمن قسمًا عن «الديناميكا الكهربية للموصلات المتحركة» يبدأ بالتشكك في صحة مفهوم «الحركة المطلقة»، ويذكر فوبل أن الطريقة الوحيدة لتحديد الحركة هي تحديدها بالنسبة إلى جسم آخر، ومن هناك ينتقل إلى بحث مسألة توليد تيار كهربي مستحث بواسطة مجال مغناطيسي، ويقول: «سواء أكان المغناطيس يتحرك بجوار دائرة كهربية ثابتة أم كانت الدائرة الكهربية هي التي تتحرك والمغناطيس ثابت، فسوف يستحث تيارًا كهربيًا في كلتا الحالتين». ويبدأ أينشتاين بحثه عن نظرية النسبية الخاصة عام 1905 بإثارة نفس الموضوع.

قرأ أينشتاين أيضًا في وقت فراغه لهنري بوانكاريه Henri Poincaré العلامة الفرنسي العظيم الذي كان قاب قوسين أو أدنى من اكتشاف المفاهيم الأساسية للنسبية الخاصة، وقبيل نهاية السنة

الدراسية الأولى لأينشتاين بالمعهد الفني في ربيع 1897 كان هناك مؤتمر للرياضيات في زيورخ، وكان مقررًا أن يتحدث فيه بوانكاريه العظيم، ومع أنه لم يتمكن من الحضور في اللحظة الأخيرة، فإن واحدًا من أبحاثه قُرئ هناك، وكان يحتوي على ما سيصبح إعلانًا شهيرًا، إذ جاء فيه: «إن المكان المطلق، والزمان المطلق، وحتى الهندسة الإقليدية، ليست شروطًا تفرض على الميكانيكا».

الموسيقى في حياة اينشتاين

ذات مساء كان أينشتاين بالمنزل مع صاحبة العقار الذي يقيم فيه، وسمع شخصًا يعزف سوناتا للبيانو من تأليف موتسارت، وعندما سأل من هذا، أخبرته صاحبة العقار بأنها سيدة عجوز تقيم بالغرفة العلوية بالمنزل المجاور وتُدرّس البيانو، وعلى الفور اختطف كمانه واندفع خارجًا من المنزل دون أن يرتدي ياقة أو رابطة عنق، وصاحت صاحبة العقار: «لا تخرج بهذه الهيئة يا سيد أينشتاين»، لكنه لم يلق لها بالًا واندفع نحو المنزل المجاور. نظرت إليه معلمة البيانو في ذهول، فقال أينشتاين: «أرجوك أن تواصلي العزف»، وبعد لحظات امتلأ الجو بأنغام كمان يصاحب سوناتا موتسارت، وفيما بعد سألت المعلمة مَنْ كان هذا العازف الدخيل، فطمأنتها جارتها قائلة: «إنه مجرد طالب بريء».

ظلت الموسيقى تسحر عقل أينشتاين، ولم تكن بالنسبة إليه هروبًا من الواقع بقدر ما كانت اتصالاً بالتناغم الكامن في الكون، وبالعبقرية الإبداعية لعظماء المؤلفين الموسيقيين، وبالآخرين الذين يميلون إلى التواصل بما هو أعمق من الكلمات، إن ما كان يبهره في الموسيقى والفيزياء هو جمال التناغم.

كانت سوزان ماركفالدر تعيش في زيورخ، وكانت أمها تستضيف أمسيات موسيقية تعزف فيها في معظم الأحيان موسيقى موتسارت، وكانت تعزف على البيانو في حين يعزف أينشتاين على الكمان، وتقول سوزان: «كان صبورًا جدًا على عيوبي»، وفي أسوأ الحالات كان يقول: «ها أنت عاجزة عن التصرف كحمار فوق جبل»، ويشير بقوس كمانه إلى المكان الذي كان يجب أن أبدأ فيه العزف».

إن ما أعجب أينشتاين في موتسارت وباخ هو البناء المعماري البديع الذي جعل موسيقاهما تبدو «حتمية كالقدر»، وتبدو- مثل نظرياته العلمية المفضلة- قطعة من الكون وليست مؤلفة. وقال أينشتاين ذات مرة: «لقد أبدع بيتهوفن موسيقاه، لكن موسيقى موتسارت على درجة من الصفاء حتى لتبدو وكأنها كانت دائمًا في الكون». وقد قارن ما بين بيتهوفن وباخ: «أشعر بعدم الراحة عند الاستماع إلى بيتهوفن، أعتقد أنه شخصي جدًا. وأرى أن باخ أفضل منه كثيرًا».

كان أينشتاين معجبًا أيضًا بشوبيرت «لقدرته الفائقة على التعبير عن العاطفة». وفق استبيان ملأه ذات مرة كان ينتقد مؤلفي الموسيقى الآخرين بطريقة تعكس بعض آرائه العلمية: كان يعيب هاندل «شيء من الضحالة»، وأظهر ميندلسون «براعة كبيرة، لكنه كان يفتقر إلى العمق، مما يؤدي غالبًا إلى الابتذال»، وفاجنر يعوزه البناء المعماري الذي اعتبره انحطاطًا، وشتراوس «موهوب، لكنه بدون صدق روحاني».

كان أينشتاين يهوى أيضًا الإبحار بالقوارب- وهي هواية أقرب إلى الانعزال- في بحيرات الألب الرائعة حول زيورخ، وتقول سوزان ماركفالدر: «لا أزال أذكر كيف كان يخرج مفكرته الصغيرة ويبدأ في

الكتابة عندما يهدأ النسيم وترتخي الأشرعة كالأوراق الذابلة، ولكن بمجرد أن تتحرك الرياح يستعد على الفور للإبحار من جديد».

والمشاعر السياسية التي شعر بها عندما كان صبيًا من كراهية للاستبداد، ونفور من النزعتين العسكرية والقومية، واحترام للفردية، وازدراء للبذخ البرجوازي والتظاهر بعظمة الثروة، ورغبة في العدالة الاجتماعية؛ قد شجعه عليها يوست فينتلر مالك العقار والأب البديل في آرو. وفي ذلك الحين التقى أينشتاين في زيورخ بصديق لفينتلر أصبح أيضًا مرشدًا سياسيًا له، وهو جوستاف ماير مدير مصرف يهودي ساعد في ترتيب زيارة أينشتاين الأولى للمعهد الفني، وبدعم من فينتلر أسس ماير فرع جمعية الثقافة الأخلاقية في سويسرا، وكان أينشتاين كثيرًا ما يحضر اجتماعاتهم غير الرسمية بمنزل ماير.

تعرف أينشتاين أيضًا إلى فريدريخ أدلر وأحبه، وهو ابن زعيم الحزب الديمقراطي الاشتراكي النمساوي، وكان يدرس في زيورخ، وقد وصفه أينشتاين فيما بعد بأنه أطهر من لقيه من المثاليين وأكثرهم حماسًا، وحاول أدلر أن يقنع أينشتاين بالانضمام إلى حزب الديمقراطيين الاشتراكيين، لكن أينشتاين لم يكن من ذلك النوع الذي يقضي وقتًا في اجتماعات المؤسسات المنظمة.

كان شرود ذهنه وهندامه غير المنظم وملابسه البالية وكثرة نسيانه من صفاته الواضحة أثناء دراسته، وهي التي ستجعله يبدو فيما بعد رمزًا للأستاذ شارد الذهن، فقد كان معروفًا عنه أنه قد ينسى ملابسه وأحيانًا حقيبته عندما يسافر، وكانت صاحبة العقار تتندر دائمًا على نسيانه مفاتيحه. وذات مرة كان يزور أصدقاء لعائلته، وقال: «غادرتُ

البيت وقد نسيتُ حقيبتي، وقال مضيفنا لوالدي: «لن يحقق هذا الرجل نجاحًا يذكر، لأنه لا يستطيع تذكر أي شيء».

كانت حياته الهانئة كطالب يكدرها الإخفاقات المالية المستمرة لوالده الذي ظل يسعى- مخالفًا نصح أينشتاين- لإقامة شركات خاصة بدلاً من البحث عن عمل براتب ثابت في شركة مستقرة كما فعل أخوه ياكوب في النهاية، وكتب لأخته في لحظة شديدة الكآبة عام 1898 عندما منيت شركة أبيه بالفشل مرة أخرى: «لو كان الأمر بيدي، لجعلت أبي يبحث عن عمل براتب ثابت منذ عامين».

كان الخطاب يائسًا جدًا، ربما أكثر مما يستحق موقف والديه المالي بالفعل، قال اينشتاين عن ذلك:

إن ما يحزنني أشد الحزن هو البلاء الذي أصاب والدي البائسين اللذين لم ينعما بلحظة سعادة طوال سنوات عديدة، وما يزيدني ألمًا هو أنني- وأنا رجل بالغ- لا أستطيع إلا أن أقوم بدور المتفرج، فأنا لست إلا عبئا على كاهل أسرتي... ولو لم أكن حيًا على الإطلاق لكان ذلك أفضل، ولا يعينني على مواصلة العيش ويحميني أحيانًا من اليأس إلا خاطر واحد؛ هو أنني أفعل دائمًا ما تتيحه لي قدراتي المتواضعة، ولا أسمح لنفسي بأي متعة أو لهو إلا ما توفره لي دراستي.

ربما لم يكن هذا كله إلا نوبة من الاكتئاب في سن المراهقة، وعلى أية حال كان يبدو أن والده يجتاز المحنة بتفاؤله المعتاد، ففي فبراير/ شباط التالي فاز بعقود لتوريد مصابيح كهربية لإنارة شوارع قريتين صغيرتين بالقرب من ميلانو، وكتب أينشتاين لمايا: «أنا سعيد لزوال الهموم عن والدينا. لو عاش كل الناس بهذه الطريقة، لما ظهرت كتابة الروايات قط».

إن حياة أينشتاين البوهيمية الجديدة وطبيعة الأنانية القديمة جعلا من غير المحتمل أن تستمر علاقته بماري فينتلر؛ الابنة الرقيقة- والمتقلبة بعض الشيء- للعائلة التي أقام معها في آرو، ففي البداية كان لا يزال يرسل إليها بالبريد سلال ملابسه المتسخة، وكانت تغسلها وتعيدها إليه، وفي بعض الأحيان لم يكن يرفق معها حتى رسالة قصيرة، لكنها كانت تحاول إرضاءه، وفي أحد الخطابات تحدثت عن «عبور الغابة تحت المطر الغزير» للذهاب إلى مكتب البريد لإعادة ملابسه النظيفة، «لقد أجهدتُ عيناي بلا جدوى بحثًا عن رسالة قصيرة منك، لكن مجرد رؤية خطك الحبيب في العنوان كانت كافية لتجعلني سعيدة».

وعندما أخبرها أينشتاين بأنه ينوي زيارتها، كادت ماري تطير فرحًا، وكتبت له: «أشكرك شكرًا عميقًا يا ألبرت لرغبتك في المجيء إلى آرو، وأنت تعلم أنني سأحصي الدقائق حتى ذلك الوقت، لا أستطيع أن أصف لك كم أشعر بالسعادة منذ أن نعمت بقرب روحك واتحادها بروحي، أنا أحبك للأبد يا حبيب قلبي».

لكنه كان يرغب في إنهاء العلاقة، ففي واحد من خطاباته الأولى بعد وصوله إلى معهد زيورخ الفني اقتراح أن يتوقفا عن تبادل الرسائل، وردت عليه قائلة: «حبيبي، أنا لا أفهم تمامًا مقطعًا في خطابك، لقد كتبتَ أنك لم تعد ترغب في مراسلتي، ولكن لماذا يا حبيب قلبي؟... لابد أنك مستاء مني تمامًا لتكتب لي بهذه الفظاظة»، ثم حاولت أن تتناسى المشكلة بالمزاح فقالت: «ولكن مهلاً، فسوف تلقى بعض التعنيف عندما أعود للبيت».

كان خطاب أينشتاين التالي أقل ودًا. وقد اشتكى من إبريق الشاي الذي أعطته إياه، فردت عليه قائلة: «إن إرسالي إبريق الشاي الصغير

السخيف إليك يجب ألا يثير غضبك على الإطلاق ما دمت ستعد فيه بعض الشاي الجيد، فكف عن هذا الغضب الذي تتضح به كل سطور رسالتك»، وقالت إن هناك صبيًا صغيرًا من تلاميذها يشبهه ويدعى ألبرت، وقالت: «إنني أحبه كثيرًا، ويعتريني شعور غريب عندما ينظر إليّ، واعتقد دائمًا أنك تنظر إلى محبوبتك الغالية».

بعد ذلك انقطعت الخطابات من جانب أينشتاين، على الرغم من توسلات ماري، حتى إنها كتبت لأمه تطلب نصيحتها، فردت بولين أينشتاين: «لقد أصبح هذا الفتى كسولاً بصورة مخيفة، وقد ظللت أترقب أخباره بلا جدوى هذه الأيام الثلاثة الأخيرة ويلقى مني تقريعًا عنيفًا ما إن يصل إلى البيت.

وفي النهاية أعلن أينشتاين إنهاء العلاقة في خطاب أرسله إلى أم ماري قال فيه إنه لن يعود إلى آرو أثناء إجازته الدراسية هذا الربيع، وكتب: «سيكون خطأ كبيرًا من جانبي أن أشتري بضع أيام من السعادة في مقابل مزيد من الألم لابنتكم العزيزة التي سببت لها بالفعل كثيرًا من الألم دون أن أقصد».

واستمر في إجراء تقييم شامل يراجع فيه نفسه وأفكاره عن كيف بدأ يتجنب ألم الارتباطات العاطفية وكل ما يعتبره «شخصي بحت» باللجوء إلى العلم:

قال: إنني أشعر بارتياح غريب لأن عليَّ الآن أن أذوق بعض الألم الذي سببته لهذه الفتاة الكريمة من خلال طيشي وجهلي بطبيعتها الرقيقة، إن العمل الفكري المرهق والتأمل في طبيعة الخالق هما الملَكان اللذان يؤازرانني ويحميانني في كل مواقف الحياة العصيبة، وليتني أستطيع أن

أقدم بعضًا من هذا إلى الفتاة الرقيقة، لكنها طريقة عجيبة تلك التي اجتاز بها عواصف الحياة، وفي كثير من الأحيان أرى نفسي نعامة تدفن رأسها في رمال الصحراء حتى لا ترى الخطر.

قد يبدو فتور أينشتاين تجاه ماري فينتلر من وجهة نظرنا قاسيًا، غير أن العلاقات- لاسيما العلاقات بين المراهقين- يصعب الحكم عليها من بعيد، فقد كانا مختلفين تمامًا أحدهما عن الآخر، خصوصًا من الناحية الفكرية، فخطابات ماري كانت تهبط كثيرًا إلى درجة الكلام الفارغ، خاصة عندما كانت تشعر بعدم الاستقرار، وكتبت في أحد الخطابات: «أنا أكتب كثيرًا من الهراء، أليس كذلك؟ لكنك في النهاية لا تقرأ خطابي حتى ختامه (لكنني لا أعتقد ذلك»)، وقالت في خطاب آخر: «إنني لا أفكر قط في نفسي يا حبيبي، وهذا حقيقي تمامًا، لكن السبب الوحيد في هذا هو أنني لا أفكر على الإطلاق، إلا عندما يتعلق الأمر ببعض الحسابات الصعبة التي تحتاج- على غير العادة- أن أعرف أكثر مما يعرفه تلاميذي».

وأيًا كان المسئول عما حدث- إن كان أحدهما مسئولاً- فلم يكن من الغريب أن ينتهي بهما الأمر إلى الانفصال. أصيبت ماري بعد انتهاء علاقاتها بأينشتاين باكتئاب عصبي، وكانت تتغيب كثيرًا عن التدريس، ثم تزوجت بعد بضع سنوات بمدير مصنع للساعات، أما أينشتاين فقد خرج من العلاقة ليقع في حب امرأة مختلفة عن ماري تمام الاختلاف.

ميليفا ماريتش

كانت ميليفا الابنة الأولى والمحببة لفلاح صربي طموح التحق بالجيش، وتزوج بامرأة ذات ثروة متواضعة، ثم كرس حياته حتى يضمن لابنته الذكية مكانًا في عالم الرياضيات والفيزياء الذي يسيطر عليه

الذكور. قضت ميليفا معظم طفولتها في مدينة نوفي ساد Novi sad، وهي مدينة صربية كانت آنذاك تتبع دولة المجر، والتحقت بمجموعة متنوعة من المدارس المتميزة، وكانت تحصل في كل منها على المركز الأول، وانتهى الأمر بأن أقنع والدها مدرسة ثانوية بزغرب- هي مدرسة Classical Gymnaslum in Zagreb- بقبولها، وبعد تخرجها من المدرسة وحصولها على أعلى الدرجات في الفيزياء والرياضيات، توجهت إلى زيورخ، حيث أصبحت- قبل بلوغها الحادية والعشرين- الفتاة الوحيدة في القسم الذي يدرس فيه أينشتاين بالمعهد الفني.

كانت ميليفا ماريتش تكبر أينشتاين بأكثر من ثلاث سنوات، وكانت مصابة بخلع خلقي في مفصل الورك جعلها تعرج في مشيتها، وكانت تتعرض لنوبات من مرض السل والاكتئاب الشديد، ولم تكن تتمتع بالجمال ولا بالشخصية الجذابة، وقد وصفتها إحدى صديقاتها في زيورخ بأنها: «شديدة الذكاء والجدية، ضئيلة الجسد، رقيقة، سمراء، دميمة».

لكنها كانت تتمتع بصفات رآها أينشتاين- على الأقل خلال سنواته الدراسية الرومانسية- جذابة؛ وهي شغف بالرياضيات والعلوم، وعمق في التفكير، وروح خلابة. الوقت مصدر إلهام أينشتاين ورفيقته وعشيقته وزوجته وبعبع حياته وخصمه، واستطاعت أن تخلق مجالاً عاطفيًا أشد قوة من تأثير أي شخص آخر في حياته، وسوف يجذبه هذا المجال ثم يصده بقوة رهيبة حتى إن عالمًا مثله لم يستطع أن يسير غوره.

التقى أينشتاين وماريتش عندما التحقا معًا بالمعهد الفني في أكتوبر/ تشرين الأول 1896، لكن تطور علاقتهما استغرق بعض الوقت، فليس في خطاباتهما أو ذكرياتهما ما يدل على أن علاقتهما خلال السنة

الأولى بالمعهد تجاوزت حد الزمالة، غير أنهما قررا القيام برحلة معًا سيرًا على الأقدام في صيف 1897، وفي ذلك الخريف قررت ماريتش أن تترك المعهد الفني بصورة مؤقتة، وأن تحضر بدلاً من ذلك كمستمعة في جامعة هيدلبيرج، وذلك «لشدة خوفها من المشاعر الجديدة التي كانت تحس بها» بسبب أينشتاين.

وخطابها الأول إلى أينشتاين، الذي كتبته بعد بضعة أسابيع من انتقالها إلى هيدلبيرج، يُظهر ومضات من تجاذب عاطفي، لكنه يُبرز أيضًا لا مبالاتها وثقتها بنفسها، فقد خاطبت أينشتاين بأنتم (Sie) الرسمية بالألمانية، بدلاً من أن تخاطبه بأنت (du) الأكثر ودًا، وعلى عكس ماري فينتلر فقد أوضحت له مازحة أنها لم تنشغل بالتفكير فيه، مع أنه كتب لها خطابًا مطولاً جدًا، وقالت: «لقد مضت الآن فترة طويلة منذ أن تلقيت خطابك، وكنت سأرد عليه فورًا وأشكرك على أنك أرهقت نفسك بكتابة أربع صفحات مطولة، وكنت سأخبرك أيضًا بالسعادة التي شعرت بها في رحلتنا معًا، لولا أنك قلت إنني ينبغي أن أكتب إليك يومًا ما عندما يصيبني الملل، وأنا مطيعة جدًا، وقد انتظرت طويلاً أن ينتابني الضجر؛ لكن انتظاري حتى الآن كان بلا جدوى».

كان أكثر ما يميز ماريتش عن ماري فينتلر، هو ذلك التوقد الفكري في خطاباتها، ففي خطابها الأول هذا تحدثت بحماس عن المحاضرات التي كانت تحضرها لفيليب لينارد- الذي كان في ذلك الحين أستاذًا مساعدًا في هيدلبرج- عن النظرية الحركية التي تفسر خواص الغازات على أنها نتيجة تأثير الملايين من الجزئيات الفردية، وكتبت قائلة: «وكانت محاضرة الأستاذ لينارد أمس ممتعة، فهو يحاضر هذه الأيام عن

النظرية الحركية للحرارة والغازات، وقد اتضح أن جزئيات الأكسجين تتحرك بسرعة تزيد عن 400 متر في الثانية، ثم أخذ الأستاذ يجري حسابات... وفي النهاية اتضح أنه على الرغم من أن الجزئيات تتحرك بهذه السرعة فإنها لا تنتقل إلا لمسافة ضئيلة جدًا لا تتجاوز 100/1 من قطر الشعرة».

لم تكن النظرية الحركية مقبولة بعد بصورة كاملة لدى المؤسسات العلمية (وكذلك وجود الذرات والجزيئات)، وأوضح خطاب ماريتش أنها لم تفهم الموضوع فهمًا عميقًا، وكانت هناك بالإضافة إلى ذلك مفارقة محزنة؛ فسوف يكون (لينارد) أحد المُلهمين الأوائل لأينشتاين، لكنه سينقلب فيما بعد واحدًا من أشد المبغضين له والمعادين للسامية.

علقت ماريتش أيضًا على الأفكار التي وردت في خطاب أينشتاين السابق عن الصعوبة التي يواجهها الناس في فهم اللانهائية، وكتبت تقول: «لا أعتقد أننا يجب أن نلقي باللائمة على تركيب المخ البشري لعجزه عن فهم اللانهائية، فالإنسان يستطيع تمامًا تخيل السعادة اللانهائية، ولابد أنه يستطيع إدراك لانهائية الفضاء، وأظن أن هذا سيكون أيسر بكثير». ونجد هنا صدى طفيفًا لهروب أينشتاين من التفكير «الشخصي المحض» إلى أمان التفكير العلمي؛ فهي ترى أن تخيل فضاء لانهائي أيسر على الإنسان من تخيل سعادة لانهائية.

ومع ذلك فقد كانت ماريتش أيضًا- كما يتضح من خطابها- تفكر في أينشتاين بطريقة أكثر شخصية، وقد تحدثت عنه أيضًا مع أبيها المتيم بها، وجاء في خطابها: «أعطاني أبي بعض التبغ لآخذه معي، وكان من المفترض أن أسلمه لك شخصيًا، فقد كان يرغب في أن يثير شهيتك

لبلدنا الصغير الذي يعج بالعصابات. لقد حدثته عنك كثيرًا، ولابد أن تعود معي يومًا ما، وسوف يكون بينكما الكثير مما يقال!» وكان التبغ- على عكس إبريق شاي ماري فينتلر- الهدية التي يرغب فيها أينشتاين، لكن ماريتش قالت إنها لن ترسله له، «ستضطر لدفع رسوم عليه وبعدها ستلعنني».

لابد أن هذا المزيج المتضارب من الدعابة والجد؛ من عدم الاكتراث وحرارة العاطفة؛ من التودد والانعزال؛ راق لأينشتاين، فهو مزيج عجيب لكنه واضح أيضًا في شخصية أينشتاين كذلك. ألح عليها أينشتاين أن تعود إلى زيورخ، وفي فبراير 1898 قررت العودة، وكان في غاية السعادة وكتب إليها: «أنا متأكد من أنك لن تندمي على قرارك، يجب أن تعودي بأسرع ما يمكن».

وقد أعطاها نبذة عن الطريقة التي يدرس بها كل أستاذ مادته (واعترف لها بأن أستاذ الهندسة «عويص الفهم بعض الشيء») ووعد بمساعدتها في تعويض ما فاتها عن طريق المحاضرات التي كان يكتبها هو ومارسيل جروسمان، وكانت المشكلة الوحيدة أنها لن تتمكن من استعادة «غرفتها القديمة الجميلة» في البنسيون المجاور، وقال لها أينشتاين: «هذا جزاؤك أيتها الهاربة!»

عادت ماريتش في أبريل/ نيسان، وأقامت في نزل يقع على مقربة من النزل الذي يقيم به أينشتاين، وقد أصبحا عندئذ مرتبطين، فكانا يتبادلان الكتب، ويشتركان في الأنشطة الفكرية، ويستطيع كل منهما استخدام مسكن الآخر. وذات يوم نسي أينشتاين مرة أخرى مفتاح شقته، فذهب إلى شقتها واستعار كتاب فيزياء خاصًا بها، وترك لها رسالة قصيرة كتب فيها: «لا-تغضبي مني»، ولاحقًا في تلك السنة ترك

لها رسالة قصيرة أضاف فيها: «أود أن آتي لزيارتك هذا المساء لأقرأ معك، إن لم تمانعي في ذلك».

كان الأصدقاء مندهشين أن رجلاً وسيمًا وجذابًا مثل أينشتاين الذي يمكن أن تقع في حبه أي امرأة، يجد ضالته في فتاة صربية قصيرة عرجاء تفتقر إلى الجمال وتبدو عليها علامات الاكتئاب، وقال له أحد زملائه: «لن أجازف أبدًا بالزواج من امرأة ما لم تكن سليمة البدن تمامًا»، فرد أينشتاين: «لكنها تتمتع بصوت جميل».

كانت أم أينشتاين متيمة بماري فينتلر، وكانت تنظر بعين الريبة لتلك المثقفة السمراء التي حلت محلها، وكتب أينشتاين من ميلانو حيث كان يزور أبويه خلال إجازة الربيع عام 1899: «كان لصورتك تأثير بالغ على والدتي، وبينما كانت تفحصها بعناية، قلت بتعاطف شديد: «أجل، إنها بالتأكيد فتاة ذكية»، وقد تحملت بالفعل مضايقات كثيرة بهذا الشأن».

من السهل أن نعرف سبب انجذاب أينشتاين بشدة إلى ماريتش، فقد كانا روحين متقاربين، وكانا يريان أنفسهما طالبي علم غريبين منعزلين عن الناس، وكان بهما شيء من الثورة على التطلعات البرجوازية، وكانا مفكرين يبحث كل منهما عن محبوب يكون أيضًا رفيقًا وزميلاً ومساعدًا. وقد كتب إليها أينشتاين: «إن كلاً منا يفهم جيدًا الجوانب الخفية في نفس الآخر، وقد احتسينا القهوة معًا، وأكلنا المقانق، إلى غير ذلك».

كانت لأينشتاين طريقة في جعل عبارة «إلى غير ذلك» تبدو خبيثة، فقد اختتم خطابًا آخر بقوله: «مع أطيب تمنياتي، إلى غير ذلك، وخاصة «إلى غير ذلك». وبعد أن غاب عنها بضعة أسابيع، دون الأشياء التي يجب أن يفعلها معها: «قريبًا سأكون مع حبيبة قلبي مرة أخرى،

وسأستطيع أن أقبلها، وأعانقها، وأصنع القهوة معها، وأعنفها، وأذاكر معها، وأضحك معها، وأسير معها، وأثرثر معها، إلى ما لا نهاية!» وكانا يتباهيان باشتراكهما في غرابة الأطوار، وقد كتب أينشتاين ذات مرة: «لا أزال وغدًا كما كنت دائمًا، مليئًا بالنزوات العارضة ومولعًا بالأذى، ومتقلب المزاج كما كنت دائمًا!»

أحب أينشتاين ماريتش فوق كل ذلك من أجل عقلها، وكتب إليها ذات مرة: «كم سأكون فخورًا عندما تحصل حبيبتي على شهادة الدكتوراه». كانت هناك فيما يبدو علاقة متشابكة بين العلم والرومانسية. وعندما كان في إجازة مع أسرته عام 1899، كتب أينشتاين في خطاب إلى ماريتش: «عندما قرأت هيلمولتز للمرة الأولى لم أستطع- ولا أزال لا أستطيع- أن أصدق أنني كنت أقرؤه دون أن تكوني إلى جواري، إنني أستمتع بالعمل معك وأجده لطيفًا وأقل إملالاً أيضًا».

والواقع أن معظم رسائلهما كانت تمزج بين التعبير عن العواطف والحديث عن الأنشطة العلمية، مع التأكيد على الأنشطة العلمية، وقد تنبأ في أحد الخطابات- على سبيل المثال- ليس فقط بالعنوان بل أيضًا ببعض المفاهيم التي سيضمها بحثه العظيم عن النسبية الخاصة، وكتب: «أزداد اقتناعًا كل يوم بأن الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة في صورتها الحالية لا تتفق مع الواقع، وسيصبح من الممكن تقديمها بطريقة أبسط. إن استخدام مصطلح «الأثير» في نظريات الكهربية أدى إلى تصور وسط يمكن وصف حركته- في رأيي- دون أن نستطيع تفسيرها تفسيرًا فيزيائيًا».

وعلى الرغم من أن هذا المزيج من الارتباط الفكري والعاطفي كان

يروق له، فقد كان يحن بين الحين والآخر إلى فتنة الرغبة البسيطة التي كانت تمثلها ماري فينتلر، وقد أخبر ماريتش بذلك بسبب افتقاره إلى اللباقة الذي كان يراه نوعًا من الصراحة (أو ربما بسبب رغبته الخبيثة في تعذيبها). وبعد إجازته الصيفية عام 1899، قرر أن يأخذ شقيقته لكلي تلتحق بمدرسة في آرو حيث تعيش ماري، وكتب لماريتش يطمئنها أنه لن يقضي وقتًا طويلاً مع صديقته السابقة، لكنه كتب وعده بطريقة جاءت أقرب إلى إثارة القلق منها إلى بعث الطمأنينة، وربما تعمد ذلك، قال أينشتاين: «لن أكثر الآن من الذهاب إلى آرو، لأن الفتاة التي كنت مولعًا بها منذ أربع سنوات ستعود إلى بيتها. أشعر بأمان تام في حصني العالي من الهدوء، لكنني أعرف أنني سأجن إذا قابلتها بضع مرات أخرى، أنا على يقين من ذلك وأخشاه كالجحيم».

غير أن أينشتاين- لحسن حظ ماريتش- ينتقل في خطابه لوصف ما سيفعلانه حينما يلتقيان في زيورخ، تلك الفقرة التي أوضح فيها أينشتاين مرة أخرى لماذا كانت علاقتهما متميزة، فقال: «أول شيء سنفعله معًا هو تسلق جبل أوتليبرج والاستمتاع باجترار ذكرياتنا» كما كتب عن الأشياء التي قاما بها معًا في رحلات السير على الأقدام.

وكتب: «أستطيع بالفعل أن أتصور المتعة التي سنعيشها معًا»، ثم أنهى خطابه قائلاً: «وبعد ذلك سوف نبدأ في دراسة النظرية الكهرومغناطيسية للضوء لهلمولتز».

وفي الشهور التالية، أصبحت خطاباتهما أكثر حميمية وعاطفية، فقد بدأ يدعوها بدوكسيرل (دوللي) وأيضًا «فتاتي الصغيرة الشقية»،

وكانت تدعوه بـ«يوهانزل» (جوني) و«حبيب قلبي الشرير»، وفي بداية عام 1900 صارا يخاطبان أحدهما الآخر بكلمة «أنت» du غير الرسمية، وهو أمر بدأته ماريتش برسالة قصيرة نورد فيما يأتي نصها بالكامل:

صغيري جوني،

لأنني أحبك كثيرًا، ولأنك بعيد عني ولا أستطيع أن أقبلك قبلة صغيرة، فأنا أكتب هذا الخطاب لأسألك إن كنت تحبني كما أحبك؟ أجبني على الفور.

الف قبلة من حبيبتك دوللي

كانت أمور أينشتاين الدراسية تسير على ما يرام؛ ففي امتحانات نصف العام في أكتوبر/ تشرين الأول 1898، كان ترتيبه الأول على دفعته الدراسية بمتوسط 5,7 من 6 درجات، وجاء في المركز الثاني صديقه مارسيل جروسمان الذي كان يدون محاضرات الرياضيات، وحصل على 5,6 درجة.

كان على أينشتاين قبل أن يتخرج أن يعد بحث التخرج، وفي البداية اقترح على الأستاذ فيبر أن يجري تجربة لقياس سرعة حركة الأرض خلال الأثير، تلك المادة التي كان يُفترض أنها تسمح لموجات الضوء بالانتشار خلال الفضاء، وكان الرأي السائد- الذي سيحطمه بنظرية النسبية الخاصة- هو أن الأرض لو كانت تتحرك خلال هذا الأثير مقتربة أو مبتعدة عن مصدر ضوئي، لاستطعنا أن نلاحظ اختلافًا في سرعة الضوء المرصودة.

وخلال زيارته إلى آرو في نهاية إجازته الصيفية عام 1899، بحث هذا الموضوع مع رئيس مدرسته القديمة هناك، وكتب إلى ماريتش قائلا: «كانت لدى فكرة جيدة لاختبار تأثير حركة الجسم بالنسبة للأثير على سرعة

انتشار الضوء»، وكانت فكرته تتضمن صنع جهاز يستخدم مرآتين بزاويتين مختلفتين «حتى ينعكس الضوء القادم من مصدر واحد في اتجاهين مختلفين» بحيث يسير جزء من أشعة الضوء في اتجاه حركة الأرض ويسير الجزء الآخر في اتجاه عمودي عليها، وفي محاضرة تحدث فيها أينشتاين عن كيفية اكتشافه للنسبية ذكر أن فكرته كانت تعتمد على شطر شعاع الضوء إلى جزأين، وعكس هذين الجزأين في اتجاهين مختلفين، ثم رؤية هل يوجد «اختلاف في الطاقة إذا كان اتجاه الشعاع على طول حركة الأرض أم لا خلال الأثير»، وقد افترض أن قياس ذلك يمكن أن يجرى «باستخدام مزدوج حراري لقياس الفارق في الحرارة المتولدة فيهما».

رفض فيبر الاقتراح، وما لم يدركه أينشتاين تمامًا هو أن علماء كثيرين قد أجروا تجارب مشابهة على هذا الموضوع، ومن بينهم الأمريكيان ألبرت مايكلسون Albert Michelson وإدوارد مورلي ولم يتمكن أي منهم اكتشاف أي دليل على وجود الأثير المحير، أو على أن سرعة الضوء تختلف وفقًا لحركة المشاهد أو مصدر الضوء. وبعد مناقشة الموضوع مع فيبر، قرأ أينشتاين بحثًا قدمه في السنة السابقة فيلهلم فين عرض فيه بإيجاز ثلاث عشرة تجربة أُجريت لاكتشاف الأثير، بما فيها تجربة مايكلسون ومورلي.

أرسل أينشتاين للأستاذ فين بحثه النظري عن هذا الموضوع، وطلب منه أن يوافيه بالرد، وقال أينشتاين لماريتش: «إنه سوف يرسل لي الرد عن طريق المعهد الفني، فإذا رأيت خطابًا هناك لي، فافتحيه في الحال»، وليس هناك دليل على أن (فين) وافاه بأي رد.

كان البحث الثاني المقترح من أينشتاين يدور حول بحث العلاقة بين

قدرة المواد المختلفة على توصيل الحرارة وقدرتها على توصيل الكهرباء، وهو الأمر الذي أوحت به نظرية الإلكترون، ويبدو أن (فيبر) لم يستحسن هذه الفكرة أيضًا، لذا اضطر أينشتاين وماريتش إلى القيام بدراسة عن توصيل الحرارة فقط، وهو واحد من مجالات اختصاص (فيبر).

فيما بعد وصف أينشتاين بحثي تخرجهما بأنهما «لا يمثلان أهمية لي»، وأعطى فيبر لأينشتاين وماريتش أقل درجتين في المقالات في الفصل، 4,5 و4 على الترتيب؛ وبالمقارنة حصل جروسمان على 5,5 ، وازداد الموقف سوءًا عندما قال (فيبر) إن أينشتاين لم يلتزم في كتابة بحثه بلائحة تعليمات صحيحة، وأجبره على أن يعيد كتابة المقال كله مرة أخرى.

وعلى الرغم من الدرجة المنخفضة التي حصل عليها أينشتاين في مقاله، فقد نجح بمتوسط 4,9 في المجموع النهائي للدرجات، وجاء ترتيبه الرابع على دفعته التي كانت تضم خمسة طلاب، ومع أن التاريخ يفند الخرافة التي تقول إن أينشتاين رسب في امتحان الرياضيات في المدرسة الثانوية، فقد تخرج من كليته وترتيبه الرابع من بين خمسة طلاب.

غير أنه تخرج على الأقل، وكان متوسط درجاته 4,9 كافيًا لحصوله على شهادته التي حصل عليها رسميًا في يوليو/ تموز 1900، لكن ميليفا ماريتش حصلت على 4 درجات فقط، وهي أقل الدرجات في دفعتها، ولم يسمح لها بالتخرج، وقد صممت على أن تحاول مرة أخرى في العام التالي.

ليس غريبًا أن سنوات دراسة أينشتاين بالمعهد الفني كانت تتميز باعتزازه باستقلاليته في الرأي، ويقول واحد من زملاء دراسته: «لقد تأكدت روحه الاستقلالية ذات يوم في الفصل عندما ذكر الأستاذ إجراء

تأديبيًا بسيطًا اتخذته إدارة المعهد»، واحتج أينشتاين، فقد كان يشعر أن الشرط الأساسي للتعليم هو «الحاجة إلى الحرية الفكرية».

وسيظل أينشتاين طوال حياته يتحدث بحب عن المعهد الفني بزيورخ، لكنه سيذكر أيضًا أنه لم يكن يحب النظام الصارم الذي كان سمة أساسية في نظام الامتحانات، وقال: «بالطبع كانت المشكلة في هذا أن الطالب يضطر لأن يكدس كل هذه المواد في عقله من أجل الامتحانات، سواء أحبها أم لا، كان لهذا الإكراه تأثير معوق، حتى إنني ظللت طوال عام كامل بعد أن اجتزت الامتحان النهائي أجد التفكير في أية مسائل علمية أمرًا كريهًا».

والواقع أن هذا لم يكن أمرًا واردًا ولا حقيقيًا، فقد شفي في غضون أسابيع، وأخذ معه بعض الكتب العلمية، ومنها كتب جوستاف كيرتشوف ولودفيج بولتزمان، عندما لحق بأمه وشقيقته في ذلك الصيف في إجازاتهم الصيفية في جبال الألب السويسرية. وكتب إلى ماريتش: «إنني أذاكر كثيرًا، ولاسيما أبحاث كيرتشوف الشهيرة عن حركة الجسم الصلب». وقد اعترف لها بأن استياءه من الامتحانات قد انتهى، وقال: «لقد هدأت أعصابي بدرجة كافية حتى إنني أستطيع العمل بسعادة مرة أخرى. كيف حال أعصابك أنت؟»

الفصل الثالث

أينشتاين العاشق

إنها السنوات التي عشق فيها اينشتاين وأحب، كان أينشتاين عندئذ شابًا حديث التخرج يحمل معه كتاب كيرتشوف وغيره من مراجع الفيزياء، وقد وصل في نهاية يوليو/ تموز 1900 لقضاء إجازته الصيفية مع عائلته في ميلختال Melchtal ، وهي قرية تقع فوق جبال الألب السويسرية ما بين بحيرة لوسيرن والحدود الشمالية لإيطاليا، وكانت تصحبه «عمته البغيضة» جوليا كوخ وكان بانتظارهم في محطة القطار أمه وشقيقته اللتان أمطرتاه بالقبلات، وبعد ذلك احتشد الجميع في عربة لصعود الجبل.

وعندما اقتربوا من الفندق، نزل أينشتاين وشقيقته من السيارة لكي يسيرا، وأسرت إليه مايا بأنها لم تجرؤ على أن تناقش مع أمهما علاقته بميليفا ماريتش، المعروفة في الأسرة بـ«بمسألة دوللي»، وهو اللقب الذي يدللها به، وطلبت منه أن يترفق في حديثه مع والدته. ومع ذلك فلم يكن من طبيعة أينشتاين أن «يمسك لسانه» كما قال فيما بعد في خطابه إلى ماريتش عن المشادة التي وقعت، ولم يكن من طبيعته أن يحافظ على مشاعر ماريتش بأن يكتم عنها التفاصيل الدرامية لما حدث.

ذهب أينشتاين إلى غرفة أمه، وبعد أن أخبرها عن امتحاناته سألته:

«وما مصير علاقتك بدوللي الآن؟»

رد أينشتاين: «زوجتي»، وهو يحاول التظاهر بنفس اللامبالاة التي استعملتها أمه في سؤالها.

يذكر أينشتاين أن أمه «ألقت بنفسها على السرير، ودفنت رأسها في الوسادة، وأخذت تبكي كالأطفال»، واستطاعت في النهاية أن تستعيد رباطة جأشها وتواصل الهجوم، فقالت: «إنك تدمر مستقبلك وتحطم فرصك، فلن تقبلها أية أسرة محترمة، وإذا أصبحت حاملاً فسوف تصبح في ورطة حقيقية».

وقبل أن يندفع خارجًا دخلت صديقة أمه، وهي «سيدة مرحة ضئيلة الجسد؛ امرأة عجوز لطيفة المعشر»، وعلى الفور اندفعتا دون توقف في الثرثرة عن الطقس والضيوف الجدد في المنتجع، والأطفال سيئي السلوك، ثم ذهبتا لتناول الطعام وعزف الموسيقى.

تعاقبت فترات العواصف والهدوء طوال العطلة، وبين الحين والآخر كلما ظن أينشتاين أن الأزمة قد انتهت أثارت أمه الموضوع من جديد، وعنفته ذات مرة قائلة: «إنها مثلك مجرد كتاب، ولكنك تحتاج إلى زوجة»، وفي مرة أخرى أثارت موضوع أن ماريتش في الرابعة والعشرين وهو في الحادية والعشرين، وقالت: «عندما تصل إلى الثلاثين، ستكون هي عجوزًا شمطاء».

تدخل والد أينشتاين الذي لا يزال يعمل في ميلانو في النزاع «بخطاب أخلاقي»، وكان المبرر الأساسي لوجهة نظر والديه- على الأقل عندما تطبق على وضع ميليفا ماريتش، وليس ماري فينتلر- هي أن الزوجة «ترف» لا يتحمله الرجل إلا عندما يستطيع توفير معيشة مريحة، وقال أينشتاين لماريتش: «إنني أمقت هذه الرؤية للعلاقة بين الزوج وزوجته،

لأنها لا تفرق بين الزوجة والعاهرة إلا من حيث أن الزوجة تستطيع أن تضمن لنفسها عقدًا مدى الحياة».

كان يبدو في بعض الأحيان خلال الأشهر التالية أن والديه قد قررا قبول علاقتهما، وكتب أينشتاين إلى ماريتش في أغسطس/ آب: «شيئًا فشيئًا تستسلم أمي للأمر الواقع»، وبالمثل كتب في سبتمبر/ أيلول: «يبدو أنهما روضا أنفسهما على قبول ما لا مفر منه، أعتقد أنهما سوف يحبانك كثيرًا بمجرد أن يتعرفا إليك»، وكتب مرة أخرى في أكتوبر/ تشرين الأول: «انسحب والداي على مضض من معركة دوللي، الآن وقد أدركا أنهما سيخسرانها».

ولكن كثيرًا ما كانت تستعر مقاومتهما من جديد بعد كل فترة من القبول، ويتصاعد غضبهما بصورة مفاجئة إلى درجة الهياج الجنوني، وكتب أينشتاين في نهاية أغسطس/ آب: «كثيرًا ما تبكي أمي بمرارة، ولا أنعم بلحظة واحدة من السلام. إن والدي يبكيان من أجلي كما لو كنت قد فارقت الحياة، و يشكوان مرة تلو المرة من أنني جلبت البلاء على نفسي بحبي لك، فهما يعتقدان أنك مريضة».

لم يكن المبرر الأساسي لجزع والديه أن ماريتش لم تكن يهودية، فماري فينتلر أيضًا لم تكن يهودية، ولا أنها كانت صربية، مع أن ذلك لم يقو موقفها بالتأكيد، ويبدو أنهما كانا يعتبرانها زوجة غير مناسبة للعديد من الأسباب التي رآها بعض أصدقاء أينشتاين: أنها تكبره سنًا، وأنها معتلة الصحة بعض الشيء، وأنها دميمة وعرجاء وأنها مثقفة ذكية لكنها ليست ألمعية.

كل هذا الضغط العاطفي أذكى الغرائز المتمردة لدى أينشتاين وزاد

ميله نحو «الفتاة المتشردة الطائشة» كما كان يدعوها، وكتب إليها: «الآن فقط أدرك كم أحبك بجنون!» ظلت العلاقة بينهما- كما يتضح من خطاباتهما- مزيجًا متعادلاً من الفكر والعاطفة، غير أن الجزء العاطفي كان يفيض الآن يشتعل بلهيب غير متوقع لمن وصف نفسه بأنه شخص انعزالي، وقد كتب ذات مرة: «لقد أدركت أنني لم أستطع أن أقبلك طوال شهر كامل، وأنا أتوق إليك بشدة».

وخلال رحلة سريعة إلى زيورخ في أغسطس/ آب للوقوف على فرص عمله، وجد نفسه يسير بلا هدف وهو في حالة من الذهول، فكتب: «بدونك أفقد الثقة في نفسي، والاستمتاع بعملي، والاستمتاع بالحياة، باختصار بدونك لا تصير حياتي حياة». بل إنه حاول أن يخط لها قصيدة بيده تبدأ بـ«رباه! ذلك الصبي جوني! مجنون بك ويستعر رغبة. عندما يفكر فيك، تشتعل النار بوسادته».

بيد أن عاطفتهما كانت من النوع السامي، على الأقل في عقليهما. مع الصفوة المنعزلة من الشباب المترددين على المقاهي الألمانية الذين يدمنون فلسفة شوبنهاور، وقد أوضحا بغير خجل الفارق الخفي بين روحيهما الساميتين وبين الغرائز المتدنية التي يسعى وراءها العامة. وكتب لها أثناء معركته مع عائلته في أغسطس/ آب: «في حالة أبي وأمي- كما هو الحال مع معظم الناس- تتحكم الأحاسيس تحكمًا مباشرًا في العواطف، وبفضل الظروف السعيدة التي نحياها، فإن الاستمتاع بالحياة في حالتنا أصبحت له آفاقًا أوسع».

ويذكر لأينشتاين أنه نبه ماريتش (ونفسه) قائلاً: «يجب ألا ننسى أن

حياة والدي وأمثالهما هي التي تجعل وجودنا ممكنًا»، فالفطرة البسيطة والصادقة لأناس مثل والديه هي التي ضمنت تقدم الحضارة، «ولذا أحاول حماية والديَّ دون أن أضحي بشيء أراه مهمًا بالنسبة لي، وهذا يعني أنت يا حبيبة قلبي!»

وفي محاولة لاسترضاء أمه أصبح أينشتاين ابنًا خفيف أثناء إقامتهم في جراند أوتيل بمليختال. وقد وجد وجبات الطعام زائدة عن الحاجة، و«النزلاء المغالين في التأنق» كسولين ومدللين، لكنه عزف على الكمان بحكم الواجب لأصدقاء أمه، والتزم الكياسة في الحوار، وتظاهر بالسعادة، وقد نجح. وكتب لماريتش: «كانت شعبيتي بين الضيوف هنا ونجاح موسيقاي كالبلسم الشافي على قلب أمي».

أما والد أينشتاين فقد رأى أينشتاين أن أفضل طريقة لتهدئته وإزالة بعض من التوتر الناشئ عن علاقته بماريتش هي أن يزوره في ميلانو، ويتجول في بعض محطات توليد الكهرباء التي أنشأها حديثًا، ويطلع على أحوال شركة الأسرة «حتى أستطيع أن أحل محل أبي عند الضرورة»، وبدأ هيرمان أينشتاين مسرورًا حتى إنه وعد باصطحاب ولده إلى فينيسيا بعد الانتهاء من جولته التفقدية، فقد كتب أينشتاين: «سوف أرحل إلى إيطاليا يوم السبت للمشاركة في القربان المقدس الذي يقدمه أبي، لكن السوابي الباسل ليس خائفًا».

مضت زيارة أينشتاين مع والده على نحو طيب معظم الوقت، ومع أن أينشتاين كان بعيدًا عن عائلته فقد كان ابنًا بارًا، وكان يقلق بشدة لكل أزمة مالية تصيب الأسرة، ربما أكثر من والده، غير أن العمل كان يسير على ما يرام، ورفع هذا من الروح المعنوية لهيرمان أينشتاين، وكتب

أينشتاين لماريتش: «والدي شخص مختلف تمامًا حاليًا بعد أن تبددت مخاوفه المالية»، ولم تطف «مسألة دوللي» على السطح بطريقة تجعله يفكر في إنهاء زيارته إلا مرة واحدة، لكن تهديده بالرحيل أفزع والده بشدة حتى إنه قرر الالتزام بخطته الأصلية، وقد بدأ مغتبطًا لأن والده يقدّر صحبته ويقدر استعداده للاهتمام بشئون الأسرة.

وعلى الرغم من استخفاف أينشتاين أحيانًا بفكرة أن يكون مهندسًا، فقد كان من المحتمل أن يسير في هذا الاتجاه في نهاية صيف عام 1900، وخاصة لو طلب منه والده ذلك أثناء رحلتهما إلى فينيسيا، أو لوم اضطرته الظروف إلى تولي أعمال والده، فقد كان على أية حال خريجًا من كلية للمعلمين ذا ترتيب منخفض، وبدون وظيفة تدريس، وبدون أية إنجازات بحثية، وبالتأكيد بدون رعاة أكاديميين.

ولو أنه اتخذ هذا القرار عام 1900، لأصبح أينشتاين على الأرجح مهندسًا على درجة عالية من الكفاءة، لكن ليس مهندسًا عظيمًا، وسوف يهتم خلال السنوات التالية بالاختراعات كهواية، ويتوصل إلى بعض الأفكار الجيدة لأجهزة تتراوح ما بين الثلاجات عديمة الضوضاء وآلة لقياس الكهرباء ذات الجهد شديد الانخفاض. لكن أيًا من هذه الأفكار لم تنتج شيئًا يُعد طفرة في مجال الهندسة أو يحقق نجاحًا في السوق. ومع أنه كان سيصبح مهندسًا أكثر عبقرية من أبيه وعمه، فلا يبدو أنه كان سيحقق نجاحًا ماليًا أكبر.

ومن بين الأشياء العديدة المدهشة في حياة ألبرت أينشتاين تلك المصاعب التي واجهها في الحصول على وظيفة بالتدريس، بل إنه لن يمنح وظيفة مدرس بالجامعة قبل تسع سنوات من تخرجه من المعهد

الفني بزيورخ عام 1900، وأربع سنوات بعد سنة تحقيق المعجزة، وهي السنة التي لم يقلب فيها الفيزياء رأسًا على عقب فحسب، بل أجيزت فيها أخيرًا رسالته للدكتوراه.

لم يكن التأخير نتيجة لعدم رغبة من جانبه، ففي منتصف أغسطس/ آب 1900 بين العطلة التي قضاها مع أسرته في مليختال وزيارته لوالده في ميلانو، رجع أينشتاين إلى زيورخ للإعداد للحصول على وظيفة مساعد أستاذ في المعهد الفني، وكان من المعتاد أن يحصل كل خريج على وظيفة كهذه إذا رغب في ذلك، وكان أينشتاين واثقًا من حصوله عليها، وقد رفض في الوقت نفسه عرضًا من صديق لمساعدته في الحصول على وظيفة في شركة تأمين، ووصفها بأنها «ثمان ساعات يوميًا من العمل الشاق دون استخدام العقل»، وكما قال لماريتش: «يجب أن يتجنب المرء الأمور التي توقف العقل عن التفكير».

كانت مشكلته أن أستاذي الفيزياء الفني كانا يدركان تمامًا وقاحته، لكنهما لم يعرفا شيئًا عن عبقريته، فحصوله على وظيفة مع الأستاذ برنيه الذي وبخه من قبل لم يكن واردًا على الإطلاق، أما الأستاذ فيبر فقد أصيب بحساسية من أينشتاين لدرجة أنه عين طالبين من قسم الهندسة مساعدين له عندما لم يجد خريجين من قسم الفيزياء والرياضيات غير أينشتاين.

ولم يتبق سوى أستاذ الرياضيات أدولف هورفيتس، فعندما حصل أحد مساعدي هورفيتس على وظيفة تديس في مدرسة ثانوية، زف أينشتاين هذا الخبر السعيد إلى ماريتش: «هذا يعني أنني سأصبح

مساعدًا لهورفيتس، إن شاء الله». ولسوء حظه أنه تغيب عن معظم محاضرات هورفيتس، وهي إهانة يبدو أن هورفيتس لم ينسها.

في أواخر سبتمبر/ أيلول كان أينشتاين لا يزال يقيم مع والديه في ميلانو، ولم يكن قد تلقى عرضًا بعد، وقال: «أنوي الذهاب إلى زيورخ في الأول من أكتوبر/ تشرين الأول للتحدث مع هورفيتس شخصيًا بشأن هذه الوظيفة، فهذا بالتأكيد أفضل من الكتابة إليه».

وقد خطط وهو في زيورخ أيضًا للبحث عن وظيفة كمعلم خاص لتعينهما على نفقاتهما حتى تستعد ماريتش لدخول الامتحانات مرة ثانية، وقال «ومهما حدث، فسوف نحيا أسعد حياة في العالم، ننعم بعمل محبب، وبوجودنا معًا، والأفضل من ذلك أنه لم يعد لأحد سلطان علينا، وأننا نستطيع الوقوف على قدمينا، والاستمتاع بشبابنا كيفما نشاء، من ذا الذي يستطيع أن يحيا أفضل من ذلك؟ وعندما ندخر معًا بعض النقود، يمكننا شراء دراجات، والقيام بجولة بالدراجة كل أسبوعين».

قرر أينشتاين آخر الأمر أن يكتب لهورفيتس بدلاً من زيارته، وربما كان هذا القرار خطأ منه، وقال بصورة أقرب ما تكون إلى الاعتذار الواهي: «لقد منعني ضيق الوقت من المشاركة في حلقة الرياضيات الدراسية، فلا يرجح كفتي إلا إنني حضرت معظم المحاضرات»، ثم أضاف بطريقة وقحة نوعًا ما أنه متلهف للرد لأنه «منح الجنسية في زيورخ- الذي تقدم بطلب للحصول عليه- يشترط حصوله على وظيفة ثابتة».

كان أينشتاين واثقًا بنفسه بقدر ما كان متلهفًا للرد، وقال بعد ثلاثة أيام فقط من إرساله الخطاب: «لم يكتب لي هورفيتس بعد، لكنني لا-

أكاد أشك في أنني سأحصل على الوظيفة». ولم ينل الوظيفة، بل إنه أصبح الخريج الوحيد في قسمه بالمعهد الفني الذي لم تعرض عليه وظيفة، وقال بعد ذلك: «فجأة تخلى عني الجميع».

في نهاية أكتوبر/ تشرين الأول 1900 عاد هو وماريتش إلى زيورخ حيث قضى معظم أيامه مقيمًا في شقتها يقرأ ويكتب، وفي طلبه للجنسية ذلك الشهر كتب «لا يوجد» في خانة السؤال عن ديانته، وكتب عن وظيفته: «أنا أعطي دروسًا خصوصية مؤقتًا في الرياضيات حتى أحصل على وظيفة ثابتة».

لم يجد طوال ذلك الخريف إلا ثمانية وظائف متفرقة كمعلم خاص، وأوقف أقاربه دعمهم المالي له، لكن أينشتاين كان يُظهر التفاؤل، وكتب قائلا: «إننا نعيش على ما نحصل عليه من الدروس الخصوصية، كلما واتتنا الفرصة لذلك، وهي لا تزال فرصة ضعيفة. أليست هذه حياة عامل بأجر يومي أو حياة غجري؟ غير أنني أعتقد أننا سوف نظل سعداء بها كما كنا دائمًا». وما جعله سعيدًا- بالإضافة إلى وجود ماريتش- هو الأبحاث النظرية التي كان يكتبها وحده.

حياة اينشتاين العلمية

أول بحث منشور لأينشتاين

كان أول هذه الأبحاث التي قام بها اينشتاين عن موضوع مألوف لمعظم أطفال المدارس وهو عن (الخاصية الشعرية) التي- من بين تأثيرات أخرى- تجعل الماء يلتصق بجدار الأنبوب ويرتفع لأعلى. وعلى الرغم من أنه وصف هذه المقالة فيما بعد بأنها «عديمة القيمة»، فقد كانت مهمة لكتاب سيرته، فهي لم تكن أول بحث ينشر لأينشتاين فحسب، لكنها أظهرت أنه يؤمن إيمانًا عميقًا بفرضية- لم تكن مقبولة تمامًا بعد- وستكون أساسًا لمعظم أعماله على مدى السنوات الخمس التالية؛ وهي أن الجزئيات (والذرات المكونة لها) موجودة بالفعل، وأنه يمكن تفسير العديد من الظواهر الطبيعية بتحليل كيفية تفاعل هذه الجسيمات بعضها مع بعض.

وأثناء إجازته في صيف عام 1900 كان أينشتاين يقرأ أعمال لودفيج بولتزمان الذي وضع نظرية عن الغازات تقوم على سلوك جزئيات لا حصر لها تتواثب هنا وهناك، وقال متحمسًا لماريتش في سبتمبر/ أيلول: «إن بولتزمان رائع للغاية، وأنا مقتنع بشدة بصحة مبادئ نظريته، أي أنني مقتنع بأننا في الحقيقة نتعامل في حالة الغازات مع جسيمات منفصلة لها أحجام محددة تتحرك وفقًا لشروط معينة».

غير أن فهم الخاصية الشعرية يتطلب بحث القوى المؤثرة بين الجزئيات في السوائل وليس في الغازات، فهذه الجزئيات تتجاذب، وهو ما يفسر ظاهرة التوتر السطحي في السوائل، أو تكون القطرات، بالإضافة إلى الخاصية الشعرية، وكانت فكرة أينشتاين هي أن هذه القوى قد تكون مشابهة لقوى الجاذبية التي وصفها نيوتن، والتي يتناسب فيها تجاذب جسمين تناسبًا طرديًا مع كتلتيهما، وتناسبًا عكسيًا مع المسافة الفاصلة بينهما.

بحث أينشتاين ما إذا كانت الخاصية الشعرية تخضع لمثل هذه العلاقة بالنسبة للوزن الذري للسوائل المختلفة، وكان متحمسًا فقرر أن يرى أن كان بإمكانه إيجاد بعض البيانات التجريبية لإجراء مزيد من الاختبارات لنظريته، وكتب إلى ماريتش قائلا: «يبدو أن النتائج التي حصلت عليها أخيرًا في زيورخ حول الخاصية الشعرية جديدة تمامًا على الرغم من بساطتها، وعندما نعود إلى زيورخ سوف نحاول الحصول على الطبيعة فسوف نرسل النتائج.

وانتهى به الأمر إلى إرسال بحث في ديسمبر/ كانون الأول 1900 في مارس/ آذار التالي، لم يكن البحث مكتوبًا ببراعة أو حماس أبحاثه التي نشرها فيما بعد، وتوصف النتائج التي تضمنها بأنها- على أفضل تقدير- غير مؤكدة، وجاء فيه: «لقد انطلقت من الفكرة البسيطة لقوى التجاذب بين الجسيمات، واختبرت النتائج تجريبيًا، واستخدمت قوى الجاذبية كمثال يُقاس عليه»، وفي نهاية البحث أعلن بطريقة غير مؤكدة: «ولذا فإن مسألة وجود علاقة بين القوى التي نتحدث عنها وقوى الجاذبية- فضلاً عن طبيعة هذه العلاقة- يجب أن تترك مفتوحة تمامًا في الوقت الحالي».

لم يتلق البحث أية تعليقات، ولم يسهم بشيء في تاريخ الفيزياء، فقد كانت فرضيته الأساسية خاطئة، حيث إن التأثر بالمسافة ليس متساويًا في الأزواج المختلفة من الجسيمات. لكنه كان أول بحث ينشر له، ويعني هذا أن له الآن مقالة مطبوعة يستطيع أن يرفقها بخطابات البحث عن وظيفة التي بدأ يغرق بها الأساتذة في جميع أنحاء أوروبا.

استخدم أينشتاين في خطابه إلى ماريتش كلمة «نحن» عند مناقشة خطط نشر البحث، وفي خطابين كتبهما في الشهر الذي تلا ظهور البحث تحدث أينشتاين عن «نظريتنا للقوى الجزيئية» و«بحثنا»، وهكذا بدأ جدل تاريخي عن مدى ما لماريتش من فضل في مساعدة أينشتاين في إبداع نظرياته.

ويبدو أنها في هذا البحث كانت مشغولة بالبحث عن بعض البيانات التي يحتاجها، وقد حملت خطاباته آخر أفكاره عن القوى الجزيئية، في حين لم تحو خطاباتها علمًا حقيقيًا، وفي خطاب لإحدى صديقاتها المقربات بدت ماريتش كما لو كانت قد استقرت على دور العاشق الذي يمد يد العون بدلاً من الشريك العلمي، وكتبت: «كتب ألبرت بحثًا في الفيزياء من المحتمل أن ينشر قريبًا لا تتصورين كم أنا فخورة بحبيبي، فهذا ليس بحثًا عاديًا، لكنه بحث في غاية الأهمية، إنه يتناول نظرية السوائل.

معاناة بلا عمل

مضت نحو أربع سنوات منذ أن تخلى أينشتاين عن جنسيته الألمانية، ومنذ ذلك الحين أصبح بلا دولة، وكان يوفر كل شهر بعض النقود لقاء الرسوم التي سيحتاج لدفعها ليصبح مواطنًا سويسريًا، وهو وضع كان يرغب فيه بشدة، وأحد أسباب ذلك هو أنه أُعجب بالنظام السويسري

وديمقراطيته، واحترامه الرقيق للأفراد وخصوصياتهم، وقال فيما بعد: «أنا أحب السويسريين لأنهم بصورة عامة أكثر إنسانية من أي شعوب أخرى عشت بينها». وكانت هناك أيضًا أسباب عملية؛ فلكي يعمل موظفًا حكوميًا، أو معلمًا في مدرسة حكومية، لابد أن يكون مواطنًا سويسريًا.

استجوبته السلطات في زيورخ استجوابًا كاملاً، وأرسلوا إلى ميلانو لطلب تقرير عن والديه، وفي فبراير/ شباط 1901 اكتفوا بما توصلوا إليه، وأصبح أينشتاين مواطنًا سويسريًا، وسوف يبقى محتفظًا بهذه الجنسية طوال حياته، حتى عندما يقبل جنسيات في ألمانيا (مرة أخرى) والنمسا والولايات المتحدة، والواقع أنه كان متشوقًا لأن يكون مواطنًا سويسريًا حتى إنه تخلى عن رفضه للعسكرية، وتقدم للخدمة العسكرية عندما طُلب منه ذلك، وقد رفض لأنه كان يعاني زيادة العرق من القدمين، وتسطحهما، ودوالي الأوردة. كان الجيش السويسري فيما يبدو انتقائيًا للغاية، ولذا ختم على دفتر خدمته العسكرية « غير ملائم».

بيد انه بعد بضعة أسابيع من حصوله على الجنسية السويسرية، أصر والداه على أن يعود إلى ميلانو ويعيش معهما، وكانا قد قررا في نهاية 1900 أنه لا يمكنه البقاء في زيورخ بعد عيد الفصح ما لم يجد عملاً هناك، وعندما جاء عيد الفصح كان لا يزال دون عمل.

افترضت ماريتش- وكان افتراضها منطقيًا- أن استدعاؤه إلى ميلانو كان نتيجة كراهية والديه لها، وكتبت إلى إحدى صديقاتها: «ما أحزنني تمامًا حقيقة هو اضطرارنا للانفصال بهذه الطريقة الغريبة، بسبب الافتراءات والدسائس». ونظرًا لشرود ذهنه الذي سيكون رمزًا له فيما بعد، ترك أينشتاين في زيورخ ملابس نومه، وفرشاة أسنانه، ومشطه،

وفرشاه شعره (كان يستخدم فرشاة الشعر آنذاك)، وغير ذلك من أدوات الزينة الأخرى، وأعطى تعليماته لماريتش: «أرسلي كل شيء إلى أختي حتى تعيدها معها للبيت» ثم أضاف بعد أربعة أيام: «احتفظي بمظلتي حاليًا، سوف نفكر كيف نتصرف فيها فيما بعد».

وفي زيورخ وبعد ذلك في ميلانو أرسل أينشتاين العديد من الرسائل بحثًا عن وظيفة، وزاد من توسلاته إلى الأساتذة في جميع أنحاء أوروبا، وكان يرفق معها بحثه عن الخاصية الشعرية الذي تبين أنه لا يحدث الأثر المطلوب تمامًا، ونادرًا ما كان أحد يأبه بالرد عليه، وكتب إلى ماريتش: «سرعان ما سأجد أنني قد شرفت بعرضي كل أساتذة الفيزياء من بحر الشمال حتى الطرف الجنوبي من إيطاليا».

في أبريل/ نيسان عام 1901 وصلت الحال بأينشتاين إلى أن يشتري كومة من البطاقات البريدية مع مرفقات رد مدفوعة الأجر مقدمًا بالبريد في محاولة يائسة للحصول على رد، والمضحك أنه في الحالتين اللتين بقيت فيهما تلك الالتماسات البريدية، أصبحت بشكل مضحك مواد يسعى وراءها جامعوا مقتنيات أينشتاين، وقد أرسلت إحدى هاتين البطاقتين إلى أستاذ هولندي، وهي موجودة حاليًا بمتحف ليدن لتاريخ العلوم. لم يتلق أينشتاين حتى رفضا مجاملاً، وكتب إلى صديقه مارسيل جروسمان؛ «لم أترك حجرًا الا وقبلته، ولم أتخل عن روح المرح، فقد خلق الله الحمار وأعطاه قدرة على التحمل».

من بين العلماء العظام الذين كتب إليهم أينشتاين العالم فيلهلم أوستفالد أستاذ الكيمياء في جامعة لايبتسيج الذي سينال جائزة نوبل بفضل إسهاماته في نظرية التخفيف، وقال أينشتاين: «إن عملكم في

الكيمياء العامة ألهمني كتابة المقالة المرفقة»، ثم تحول الإطراء إلى توسل عندما سأله: «هل تحتاج فيزيائيًا رياضيًا؟» ثم ختم خطابه بتوسل: «أنا بلا نقود، ولن يساعدني على مواصلة دراستي إلا وظيفة من هذا النوع»، ولم يتلق ردًا، وكتب مرة أخرى بعد أسبوعين آخرين بحجة «أنا لست متأكدًا إن كنت قد كتبت عنواني» في الخطاب الأول، «إن حكمك على بحثي يهمني جدًا»، ولم يتلق ردًا أيضًا.

كان والد أينشتاين، الذي يقيم معه في ميلانو، يشارك ابنه معاناته في صمت، وحاول مساعدته بطريقة رقيقة للغاية؛ فعندما لم يصل رد بعد الخطاب الثاني الذي أرسله إلى أوستفالد، أخذ هيرمان أينشتاين على عاتقه- ودون علم ابنه- القيام بخطوة غير عادية ومحرجة دفعته إليها عاطفته، فكتب محاولاً إقناع أوستفالد بنفسه:

أرجو أن تصفح عن أب بلغت به الجرأة أن يستنجد بك أيها الأستاذ المحترم لمصلحة ابنه. ألبرت في الثانية والعشرين، وقد درس أربع سنوات بالمعهد الفني بزيورخ، واجتاز الامتحان الصيف الماضي بنجاح كبير، وظل منذ ذلك الحين يحاول دون جدوى الحصول على وظيفة معيد التي سوف تمكنه من مواصلة تعليمه في الفيزياء، وكل مَنْ يحكمون عليه يمتدحون مواهبه، وأؤكد لك أنه في غاية الجد والاجتهاد، ويتعلق بعلمه بشغف كبير. وهو لذلك يشعر بتعاسة بالغة لكونه بلا عمل حاليًا، ويقتنع فشيئًا أنه قد ضل الطريق في حياته العملية، وتثقل كاهله- فضلًا عن ذلك- أنه عبء علينا، ونحن أناس متوسطو الحال. وحيث إنك الشخص الذي يبدو أن ابني يعجب به ويقدره أكثر من أي عالم آخر في الفيزياء، فقد أعطيت نفسي حرية اللجوء إليك بطلبي المتواضع أن تقرأ بحثه،

وأن تكتب له- إن أمكن- بضع كلمات تشجيعية حتى يستعيد مرحه وحبه للحياة والعمل، وإن استطعت بالإضافة إلى ذلك أن تمنحه وظيفة معيد، فإن امتناني لك سيكون بلا حدود. أرجو أن تغفر لي وقاحتي بالكتابة إليك، ولا يعرف ابني شيئًا عن خطوتي غير المعتادة.

ولم يرد أوستفالد، غير أنه- في واحدة من مفارقات التاريخ الطريفة- سوف يصبح بعد تسع سنوات أول شخص يرشح أينشتاين للحصول على جائزة نوبل.

كان أينشتاين مقتنعًا بأن خصمه اللدود في معهد زيورخ الفني- أستاذ الفيزياء (هنريخ فيبر)- وراء كل هذه المصاعب، فبعد استعانته باثنين من المهندسين بدلًا من أينشتاين ليكونوا مساعدين له، كان فيما يبدو يدلي بمعلومات سلبية عنه. وبعد تقدمه بطلب وظيفة مع الأستاذ إدوارد رايكي بجامعة جوتينجن قال أينشتاين لماريتش يائسًا: «لقد أصابني القنوط من الحصول على هذه الوظيفة، لا أعتقد أن (فيبر) سوف يدع هذه الفرصة تمر دون أن يفعل شيئًا يؤذيني»، ونصيحة ماريتش بأن يكتب إلى فيبر، وأن يواجهه مباشرة، وأبلغها أينشتاين بأنه فعل ذلك، وقال: «ينبغي على الأقل أن يعرف أن ما يفعله ليس خافيًا على، وقد كتبت له أنني أعرف أن حصولي على الوظيفة الآن متوقف على تقريره وحده».

لم تفلح الكتابة، فقد رُفض أينشتاين مرة أخرى، وكتب إلى ماريتش: «لم أندهش لرفض (رايكي) لي، فأنا مقتنع تمامًا بأن فيبر هو المسئول»، وأصابه الإحباط لدرجة أنه- على الأقل في ذلك الوقت- شعر أنه من العبث أن يكمل بحثه، وقال: «لم يعد يجدي في ظل هذه الظروف أن أكتب مرة أخرى إلى الأساتذة، فمن المؤكد أنهم جميعًا سوف يرجعون إلى

فيبر لسؤاله عني، ولن يكون كلامه في مصلحتي». وشكا إلى جروسمان قائلًا: «كان يمكن أن أجد عملًا منذ فترة طويلة لولا يد فيبر الخفية».

إلى أي حد لعبت معاداة السامية دورًا؟ أصبح أينشتاين يعتقد أنها عامل من العوامل، مما أدى به إلى البحث عن عمل في إيطاليا، حيث شعر أن معاداة السامية لم تكن واضحة هناك، وكتب إلى مارتش: «إحدى العقبات الأساسية في الحصول على وظيفة غير موجودة هنا، وهي معاداة السامية، وهي في الدول الناطقة بالألمانية بغيضة بقدر ما تمثل عقبة»، وكتبت ماريش بدورها إلى صديقتها عن الصعوبات التي يواجهها حبيبها: «أنت تعرفين أن له لسانًا سليطًا، وهو فوق ذلك يهودي».

وفي محاولته لإيجاد عمل في إيطاليا، استعان أينشتاين بأحد الأصدقاء الذين تعرف بهم أثناء دراسته في زيورخ، وهو مهندس يدعى ميكيلي أنجيلو بيسو، وكان بيسو يهدوديًا مثل أينشتاين ينتمي لأسرة من طبقة متوسطة تنقلت في أوروبا واستقرت آخر الأمر في إيطاليا، وكان يكبر أينشتاين بست سنوات، وعندما التقيا كان قد تخرج للتو من المعهد الفني، وكان يعمل في شركة هندسية، وقد نمت بينه وبين أينشتاين صداقة وثيقة دامت ما بقي من حياتيهما (فقد توفي أينشتاين بعد بضعة أسابيع من وفاة بيسو عام 1955).

وبمرور السنوات اشترك بيسو وأينشتاين في أدق الأسرار الشخصية وأعقد الأفكار العلمية، وكما كتب أينشتاين في واحد من المائتين وتسعة وعشرين خطابًا التي بقيت من مراسلاتهما: «ليس هناك مَنْ هو أقرب إليَّ منك، ولا يعرفني أحد بقدر ما تعرفني، ولا يعاملني أحد بود مثلما تعاملني».

كان بيسو يتمتع بذهن متوقد، لكنه كان يفتقر إلى التركيز والحماس

والدأب، وقد طُرد ذات مرة من المدرسة الثانوية مثل أينشتاين بسبب موقفه المتمرد (فقد أرسل خطابًا يشكو فيه من مدرس الرياضيات)، وكان أينشتاين يصف بيسو بأنه «واهن العزيمة.... لا يستطيع أن يتحمس لأي عمل في الحياة أو الإبداع العلمي، غير أنه يتمتع بعقل فذ، وعلى الرغم من افتقاره للنظام فإن عمله رائع».

قدم أينشتاين (بيسو) إلى آنا فينتلر من آرو، وهي شقيقة ماري، وانتهى به الأمر إلى الزواج منها، وفي عام 1901 انتقل معها إلى تريستا، وعندما لحق به أينشتاين وجد (بيسو) ذكيًا ومرحًا كما كان دائمًا، ومشتت الذهن بدرجة تثير الجنون، فقد كان رئيسه قد طلب منه منذ عهد قريب أن يتفقد محطة للكهرباء، وقرر (بيسو) السفر قبل الموعد بليلة حتى يضمن الوصول في موعده، لكن القطار فاته في تلك الليلة، ولم يتمكن من الوصول إلى هناك في اليوم التالي، واستطاع في النهاية أن يصل في اليوم الثالث، «لكنه فزع إذ أدرك أنه نسي ما عليه أن يفعله»، لذا بعث برسالة إلى المكتب يطلب منهم أن يرسلوا إليه التعليمات مرة أخرى، وكان حكم الرئيس على بيسو أنه «شخص عديم الفائدة تمامًا، ويكاد يكون مضطرب العقل».

كان حكم أينشتاين على (بيسو) أكثر ودًا، فقد قال لماريتش: «إن ميكيلي أخرق إلى درجة مروعة». وفي إحدى الأمسيات قضى أينشتاين وبيسو نحو أربع ساعات في حديث علمي، وتناولا خواص الأثير الغامض و«تعريف السكون المطلق»، وسوف تتضح هذه الأفكار بعد أربع سنوات في نظرية النسبية التس سيضعها مع (بيسو) الذي كان مرآة لأفكاره. وكتب أينشتاين إلى ماريتش: «إنه مهتم ببحثنا، مع أنه كثيرًا ما يغيب عنه

الصورة الإجمالية للموقف لانشغاله باعتبارات تافهة».

كان لدى (بيسو) بعض المعارف والأصدقاء الذين كان أينشتاين يأمل في الاستفادة منهم، فقد كان عمه أستاذ رياضيات في المعهد الفني في ميلانو، وكانت خطة أينشتاين أن يجعل بيسو يعرفه به، وقال: «سوف آخذ بتلابيبه، وأجره جرًا إلى عمه حيث أتحدث معه بنفسي. واستطاع بيسو إقناع عمه بكتابة خطابات نيابة عن أينشتاين، لكن مساعيه لم تأت بنتيجة، وبدلاً من ذلك قضى أينشتاين الجزء الأعظم من عام 1901 في التنقل بين وظائف التدريس المؤقتة وإعطاء بعض الدروس الخصوصية.

وأخيرًا جاءت الوظيفة على يد مارسيل جروسمان، الصديق الآخر المقرب لأينشتاين في زيورخ وزميل دراسته ومدون محاضرات الرياضيات، غير أنها كانت وظيفة غير متوقعة. كان أينشتاين موشكًا على القنوط عندما كتب إليه جروسمان أنه من المحتمل أن تكون هناك فرصة للعمل كفاحص في مكتب براءات الاختراع السويسري في برن، وكان والد جروسمان على علاقة طيبة بالمدير، وكان مستعدًا لتزكية أينشتاين.

ورد أينشتاين: «لقد تأثرت بشدة بإخلاصك وتعاطفك اللذين جعلاك لا تنسى صديقك عاثر الحظ، وسأكون سعيدًا بحصولي على وظيفة جيدة كهذه، ولن أدخر جهدًا في أن أكون على قدر تزكيتك لي». وعبر لماريتش عن سعادته قائلًا: «لا تتصورين كم ستكون هذه الوظيفة رائعة لي! سوف أجن فرحًا إذا حصلت على هذه الوظيفة».

كان أينشتاين يعلم أن حصوله على وظيفة مكتب براءات الاختراع سوف يستغرق بضعة أشهر، إذا قدر له أن يحصل عليها، لذا قبل العمل في وظيفة مؤقتة بمدرسة فنية في فينترتور لمدة شهرين، حيث يحل محل

واحد من المعلمين استدعي للخدمة العسكرية. سوف تمضي الساعات طويلة، والأسوأ أنه سيضطر إلى تدريس الهندسة الوصفية، التي لم تكن في ذلك الحين ولا فيما بعد من مجالات تميزه، لكنه قال مرددًا واحدة من أحب العبارات الشعرية: «لكن السوابي البطل لا يخاف».

وفي الوقت نفسه ستكون الفرصة سانحة ليقضي هو وماريتش إجازة رومانسية معًا، تلك الإجازة التي ستكون لها نتائج مصيرية.

أينشتاين في بحيرة كومو، مايو/ أيار ١٩٠١

كتب أينشتاين إلى ماريتش في نهاية أبريل/ نيسان 1901: «لابد أن تأتي لزيارتي في كومو أيتها الساحرة الصغيرة، وسوف ترين بنفسك كم أصبحت مبتهجا ومتفائلًا زال عني الهم». كانت الخلافات الأسرية والبحث المحبط عن وظيفة قد جعلاه حاد الطباع، لكنه وعد بأن ينتهي كل ذلك، واعتذر قائلًا: «لم تكن قسوتي عليك إلا بسبب توتر أعصابي»، واقترح عليها لكي يصالحها أن يتمتعا بلقاء رومانسي في واحدة من أكثر بقاع العالم جمالًا ورومانسية؛ وهي بحيرة كومو التي تعتبر من أجمل بحيرات الألب التي تشبه الجواهر، والتي تقع على الحدود بين إيطاليا وسويسرا، حيث تورق الأشجار في أوائل مايو/ أيار تحت القمم الرائعة التي يكسوها الجليد.

وقال لها: «أحضري روبي الأزرق حتى نستدفئ به، وأعدك بنزهة لم تري مثلها قط».

قبلت ماريتش بسرعة، لكنها غيرت رأيها بعد ذلك؛ فقد تلقت خطابًا من أسرتها في (نوفي ساد) قالت عنه إنه «لم يفقدني كل رغبة في المرح فحسب، بل الرغبة في الحياة ذاتها»، وقالت بأسى إن عليه أن يقوم بالرحلة بمفرده، «يبدو أنني لا أستطيع أن أحصل على شيء دون أن أعاقَب». وفي اليوم التالي غيرت رأيها مرة أخرى. «كتبت إليك بالأمس رسالة قصيرة وأنا في أسوأ حالاتي المزاجية بسبب خطاب تلقيته، لكني أصبحت أكثر ابتهاجًا بعدما قرأت خطابك اليوم، لأنني أعرف كم تحبني، وأعقد أننا سنقوم بالرحلة آخر الأمر».

وهكذا كان أينشتاين في وقت مبكر من صباح يوم الأحد 5 مايو/ أيار 1901 في محطة القطار في قرية كومو بإيطاليا ينتظر ميليفا ماريتش «بذراعين مفتوحين وقلب يخفق بقوة»، وقضيا النهار هناك، وأعجبا بكاتدرائيتها المشيدة على الطراز القوطي، وأحيائها القديمة المحاطة بالأسوار، ثم استقلا واحدة من البواخر البيضاء الفخمة التي تنتقل من قرية إلى أخرى على طول ساحل البحيرة.

وتوقفا لزيارة قصر كارلوتا أروع القصور الشهيرة المنتشرة على الشاطئ، ويشتهر بأسقفه المزخرفة باللوحات، وتمثال كيوبيد والأميرة سايكي الشهير لأنطونيو كانوفا، بالإضافة إلى خمسمائة نوع من النباتات. وفيما بعد كتبت ماريتش إلى صديقة عن مدى إعجابها بـ «الحديقة الفاتنة التي حفظت لها مكانًا في قلبي، لاسيما أننا لم نستطع أن نقطف منها زهرة واحدة».

وبعد أن أمضينا الليلة في أحد الفنادق الصغيرة، قررا أن يقطعا الممر الجبلي المؤدي إلى سويسرا سيرًا على الأقدام، لكنهما وجدا أنه لا يزال مدفونًا تحت ما يقرب من عشرين قدمًا من الجليد، لذا استأجرا مركبة جليد صغيرة وصفتها ماريتش في خطاب لصديقتها بأنها «من النوع الذي لا يتسع إلا لاثنين متحابين، ويقف سائق العربة على لوح خشبي صغير في المؤخرة، ويثرثر ويناديك بـ «سنيورا» طوال الوقت، هل تتخيلين شيئًا أجمل من هذا؟»

كان الجليد يتساقط في نعومة على امتداد البصر، «أصابني هذا الأفق الجليدي الأبيض الممتد بلا نهاية بالقشعريرة، فضممت حبيب قلبي بشدة وطوقته بذراعي تحت المعاطف والشيلان التي كنا نتدثر

بها»، وأثناء نزولهما أخذا يدقان الأرض بأقدامهما ويركلان ليصنعا انهيارات ثلجية صغيرة، «حتى نصيب العالم من تحتنا بفزع حقيقي».

وتذكر أينشتاين بعد بضعة أيام: «كم كان جميلًا منك في تلك المرة الأخيرة أن سمحت لي بأن أضمك إلى صدري بتلك الطريقة العفوية». وبتلك الطريقة العفوية، حملت ميليفا ماريتش طفلًا من ألبرت أينشتاين.

وبعد العودة إلى (فيترتور) حيث كان يعمل مدرسًا بديلًا كتب أينشتاين خطابًا إلى ماريتش أشار فيه إلى حملها، والغريب- أو ربما ليس غريبًا على الإطلاق- أنه بدأ بالحديث في مسائل علمية بدلًا من المسائل الشخصية فقال: «لقد انتهيت لتوي من قراءة بحث رائع للينارد عن توليد أشعة الكاثود بواسطة الأشعة فوق البنفسجية، وقد جعلني البحث الرائع أشعر بسعادة وبهجة حتى إنني أحسست أنني يجب أن أعرض عليك بعضًا منه». وسرعان ما سيُحدث أينشتاين ثورة في العلم بالاعتماد على بحث لينارد لوضع نظرية كمات الضوء التي فسرت هذا الأثر الكهروضوئي. ومع ذلك فمن المدهش نوعًا ما- أو على الأقل من المضحك- أنه وهو يتحدث عن تقاسم «السعادة والبهجة» مع حبيبته التي حملت حديثًا، كان يشير إلى بحث عن حزم الإلكترونات.

جاءت بعد هذا الاغتباط العلمي إشارة مقتضية عن طفلهما المنتظر الذي أشار إليه أينشتاين على أنه ذكر ولكنه لم يكن ذكر بل كانت طفلة فقال: «كيف حالك يا محبوبتي؟ وحال الطفل؟ ومضى يعرض فكرة غريبة عن كيف ستكون الأبوة: «هل تتصورين كم سيكون ممتعًا أن نستطيع أن نعمل مرة أخرى دون أن يزعجنا أحد على الإطلاق، ودون أن يسيطر أحد على أفعالنا!»

بل لقد أظهر مولد (ليسيرل) في أينشتاين نزعة للأسرة والاستقرار لم تكن واضحة من قبل، وقد وجد غرفة واسعة في برن، ورسم لماريتش مخططًا لها يوضح السرير، وستة مقاعد، وثلاث خزانات للثياب، ويظهره هو (جوني) وأريكة كتب تحتها «انظري إلى هذه!» لكن ماريتش لم تكن ستنتقل معه للعيش في هذه الغرفة، فلم يكونا متزوجين، ولا يصح لأي موظف حكومي سويسري طموح أن يعيش مع امرأة بهذه الطريقة، وبدلًا من ذلك عادت ماريتش بعد بضعة أشهر إلى زيورخ لتنتظر حصولها على الوظيفة وزواجه منها كما وعدها.

ويبدو أن أينشتاين وابنته لم ير أحدهما الآخر قط، ولن يتعرضا لذكرها إلا مرة واحدة في مراسلاتهما التي بقيت، وذلك بعد قرابة عامين في سبتمبر/ أيلول 1903، ولم يتحدثا عنها بعد ذلك ثانية. وفي غضون ذلك تُركت الطفلة في نوفي ساد مع أقارب أمها وأصدقائها حتى يستطيع أينشتاين أن يحتفظ بأسلوب حياته غير المثقل بأعباء، والهيبة البرجوازية التي يحتاجها ليصبح موظفًا سويسريًا.

وهناك تلميح غير واضح إلى أن الشخص الذي تولى رعاية ليسيرل ربما كانت صديقة ماريتش المقربة هيلين كوفلر سافيتش التي قابلتها ماريتش عام 1899 عندما كانتا تقيمان في نفس المبنى السكني في زيورخ، وكانت سافيتش تنتمي لأسرة يهودية من فيينا، وكانت قد تزوجت مهندسًا صربيًا عام 1900، وكتبت لها ماريتش أثناء حملها خطابًا تبثها فيه أحزانها وآلامها، لكنها مزقته قبل أن ترسله بالبريد، وقالت لأينشتاين قبل شهرين من مولد ليسيرل إنها مسرورة لقيامها بذلك «لأنني أعتقد أننا ينبغي ألا نتفوه بشيء عن ليسيرل بعد»، وأضافت

ماريتش أن أينتشاين يجب أن يكتب لسافيتش بضع كلمات بين الحين والحين، وقالت: «لابد أن نعاملها الآن بلطف شديد، فسوف تساعدنا في أمر مهم».

بينما كان أينشتاين ينتظر الوظيفة التي ستعرض عليه في مكتب براءات الاختراع، التقي مصادفة بأحد معارفه العاملين هناك، وشكا إليه من أن العمل ممل، وأشار إلى أن الوظيفة التي ينتظرها أينشتاين هي «أدنى الوظائف»، لذا فلا داعي لأن يقلق من أن يتقدم إليها شخص آخر. لم يضطرب أينشتاين لما سمعه، وقال لماريتش: «بعض الناس يجدون كل شيء مملًا»، أما عن شعوره بالمهانة لكونه في أدنى درجات السلم الوظيفي، قال أينشتاين إنما ينبغي أن يشعرا بالعكس تمامًا: «إننا لا نبالي على الإطلاق بأن نكون في القمة!»

جاءت الوظيفة أخيرًا في 16 يونيو/ حزيران 1902 عندما اختاره المجلس السويسري رسميًا «بصورة مؤقتة خبيرًا فنيا من الدرجة الثالثة بالمكتب الفيدرالي للملكية الفكرية براتب سنوي مقداره 3500 فرنك»، وكان ذلك بالفعل أكبر من الراتب الذي يتقاضاه أستاذ حديث السن.

كان مكتبه بمبنى التلغراف والبريد الجديد ببرن بالقرب من برج الساعة الشهير فوق البوابة القديمة للمدينة، وعندما كان أينشتاين يتجه إلى اليسار بعد خروجه من شقته في طريقه إلى العمل، كان يمر بجواره كل يوم، وقد أنشئت الساعة في الأصل بعد فترة قصيرة من تأسيس المدينة عام 1191، وأضيفت آلة فلكية غريبة الصنع عام 1530 تبرز مواضع الكواكب، وكلما مرت ستون دقيقة أدت الساعة عرضا: يخرج منها مهرج راقص يقرع الأجراس، ثم يظهر موكب من

الدببة، وديك يصيح، وفارس مدرع، يتبعه شيخ الزمان (تمثال يصور الزمن عجوزًا ملتحيًا يحمل منجلًا رملية).

كانت الساعة هي الميقات الرسمي لمحطة القطار القريبة، وكانت تضبط عليها جميع الساعات الأخرى القائمة على رصيف المحطة، وكانت القطارات المتحركة القادمة من مدن أخرى ليس التوقيت المحلي فيها قياسيًا تعيد ضبط ساعاتها بالنظر إلى برج الساعة ببرن وهي تتجه نحو المدينة.

هكذا قُدِّر لأينشتاين أن يقضي السنوات السبع الأكثر إبداعًا في حياته- حتى بعد أن كتب أبحاثه التي غيرت مسار الفيزياء - يصل إلى مكتبه في الثامنة صباحًا كل يوم لمدة ستة أيام في الأسبوع، ويفحص طلبات براءات الاختراع، وكتب إلى أحد أصدقائه بعد بضعة أشهر: «أنا مشغول بصورة مروعة، أقضي كل يوم ثماني ساعات بالمكتب وساعة على الأقل في الدروس الخصوصية، وأقوم بالإضافة إلى ذلك ببعض الأعمال العلمية».

ومع ذلك فمن الخطأ الاعتقاد بأن الانهماك في بحث طلبات براءات الاختراع كان عملًا شاقًا مضجرًا، «أنا أستمتع كثيرًا بعملي في المكتب، لأن فيه تنوعًا رائعًا».

وسرعان ما عرف أنه يستطيع فحص طلبات براءات الاختراع بسرعة، بحيث يتوفر له بعض الوقت لبحث أفكاره العلمية أثناء النهار، ويقول أينشتاين: «كنت أستطيع القيام بعمل يوم كامل في غضون ساعتين أو ثلاث، وكنت أقوم في الوقت المتبقي من النهار بدراسة أفكاري الخاصة».

وكان فريدريخ هالر رئيسه في العمل رجلًا متشككًا لكنه بشوش-طيب

القلب يميل إلى المرح الودي، وكان يتغاضى بكرم عن الأوراق المبعثرة على مكتب أينشتاين التي كان يخفيها في درج مكتبه عندما يجيء الناس لمقابلته، ويقول أينشتاين: «كنت كلما مر بي أي شخص أكدس أوراقي في درج مكتبي، وأتظاهر بالانشغال في عملي».

الواقع أننا ينبغي ألا نأسف لإبعاد أينشتاين عن الأروقة الجامعية، وقد صار يؤمن أن عمله بدلًا من ذلك في «ذلك الرواق العالمي، حيث أفرخ أجمل أفكاري»، كما قال:

كان يقوم كل يوم بتجارب فكرية قائمة على افتراضات نظرية سعيًا لاكتشاف الحقائق الكامنة، وقد قال فيما بعد إن التركيز على المسائل الواقعية «حفزني على أن أرى الآثار الفيزيائية للمفاهيم النظرية». ومن بين الأفكار التي اضطر لبحثها في مكتب براءات الاختراع عشرات من الطرق الجديدة لضبط تزامن الساعات، وتوحيد الزمن من خلال إشارات ترسل بسرعة الضوء.

وعلاوة على ذلك كانت لدى رئيسه (هالر) عقيدة كانت مفيدة لمبدع ومنُظّر متمرد كما كانت مفيدة لفاحص براءات اختراع، قال: «يجب أن تظل حاستك النقدية حادة جدًا»، تشكك في كل فرضية، تحدّ الآراء السائدة، ولا تسلم قط بصحة شيء ما لمجرد أن الآخرين يرونها واضحة، حاول ألا تكون ساذجًا، ووجهه (هالر) قائلًا: «تفحص طلب براءة اختراع، فكر في أن كل ما يقوله المخترع خطأ».

نشأ أينشتاين في أسرة سجلت براءات اختراع وحاولت تطبيقها في مجال الأعمال، مواهبه العبقرية، وهي القدرة على إجراء تجارب فكرية يستطيع أن يتصور فيها كيف ستتحقق النظرية في الواقع

العملي، وقد ساعدته هذه التجارب أيضًا على أن يستبعد الحقائق غير ذات الصلة في مشكلة ما.

ولو قدر له- بدلًا من ذلك- أن يعمل في وظيفة مساعد أستاذ، لشعر بأنه مجبر على أن ينشر كتابات آمنة، وأن يلتزم أقصى درجات الحذر في تحدي الأفكار السائدة وقد ذكر فيما بعد أن الأصالة والإبداع لم يكونا من المؤهلات الأساسية لصعود السلم الأكاديمي، خاصة في البلاد الناطقة بالألمانية، وكان أينشتاين سيواجه صعوبة كبيرة في التكيف مع النزعات أو الأفكار التي يعتنقها أساتذته، وقد قال: «إن العمل الجامعي الذي يضطر فيه الشخص إلى كتابة أعداد هائلة من الأبحاث العلمية قد يؤدي إلى خلق سطحية فكرية».

وهكذا فإن الصدفة التي منحته كرسي مكتب براءات الاختراع السويسري بدلًا من العمل في الجامعة قد شحذت فيه- على الأرجح- بعض السمات التي قدر لها أن تجعله ناجحًا؛ تشككه فيما يرد أمامه في الأوراق، واستقلاليته في الحكم التي سمحت له بتحدي المسلمات الأساسية، فلم تكن هناك ضغوط أو محفزات تدفع فاحصي براءات الاختراع إلى التصرف خلافا لذلك.

أكاديمية أوليمبيا

كان موريس سولوفين رومانيًا يدرس الفلسفة بجامعة برن. اشترى موريس صحيفة وهو يتنزه ذات يوم أثناء إجازة الفصح عام 1902، ولاحظ الإعلان الذي نشره أينشتاين لإعطاء دروس خصوصية في الفيزياء «حصص تجريبية مجانية»، وكان سولوفين أنيقًا محبًا للفنون ذا شعر قصير ولحية صغيرة تحيط بفمه، وكان يكبر أينشتاين بأربع سنوات، لكنه لم يكن قد قرر بعد إن كان يريد أن يصبح فيلسوفًا أم فيزيائيًا أم غير ذلك، لذا توجه إلى العنوان وطرق الجرس، وبعد لحظة دوى صوت عال «حاضر». أحدث أينشتاين انطباعًا في الحال، ويقول سولوفين: «لقد كنت مأخوذًا بالبريق غير العادي في عينيه الواسعتين».

استمر حوارهما الأول قرابة ساعتين، وبعد ذلك رافق أينشتاين سولوفين إلى الشارع، حيث تحدثا لنصف ساعة أخرى، واتفقا على أن يلتقيا في اليوم التالي، وفي الجلسة الثانية أعلن أينشتاين أن حوارهما الحر أكثر إمتاعًا من إعطاء الدروس بمقابل، وقال لسولوفين: «أنت لست مضطرًا لأن تأخذ درسًا في الفيزياء، تعال لمقابلتي حينما ترغب، وسوف أسعد بالحديث إليك». وقد قررا أن يقرآ معًا للمفكرين العظام، ثم يناقشا أفكارهما.

كان يشاركهما جلساتهما كونراد هابيكت، وكان ابنًا لمسئول كبير بأحد البنوك، وطالبًا سابقًا في قسم الرياضيات بمعهد زيورخ الفني. وقد أسموا أنفسهم بأكاديمية أوليمبيا للتهكم على الجمعيات العلمية ذات

الأسماء الرنانة. ومع أن أينشتاين كان الأصغر سنًا، فقد اختاروه الرئيس، وأعد سولوفين شهادة تحمل رسمًا لتمثال نصفي جانبي لأينشتاين تحت خيط من الحرير، وكان نص الإهداء: «رجل واسع المعرفة غزير الاطلاع، يشع علمًا خفيًا دقيقًا، ويحتل مكانه عُليا في علم الكون»

كان غداؤهم عادة وجبة بسيطة من المقانق والجبن والفاكهة والشاي، لكن سولوفين وهابيكت قررا أن يفاجئا أينشتاين في عيد ميلاده بثلاثة أطباق من الكافيار على المائدة، وكان أينشتاين مستغرقًا في تحليل مبدأ جاليليو للقصور الذاتي، وبينما هو يتحدث كان يأخذ ملعقة تلو الأخرى من الكافيار دون أن يبدو أنه يلاحظ، وتبادل هابيكت وسولوفين النظرات خلسة، وسأله سولوفين في النهاية: «هل تعرف ماذا تأكل؟»

صاح أينشتاين: «ياللسماء! إذن كان هذا الكافيار الذي يتحدثون عنه!»، وصمت لحظة ثم أضاف: «حسنًا إذا قدمت طعامًا فاخرًا لفلاحين مثلي فاعلم أنهم لن يدركوا قيمته».

وبعد مناقشاتهم- التي تستمر طوال الليل- كان أينشتاين يعزف أحيانًا على الكمان، وكانوا في فصل الصيف يتسلقون من آن لأخر جبلًا في ضواحي برن ليشاهدوا شروق الشمس، ويقول سولوفين: «كان مشهد النجوم المتلألئة يخلف في أنفسنا انطباعًا قويًا، ويقودنا إلى مناقشات في الفلك، وكنا نندهش لمنظر الشمس وهي تصعد ببطء في الأفق، وتظهر في النهاية بكل بهائها وروعتها لتغمر جبال الألب بلون وردي رائع»، وكانوا ينتظرون بعد ذلك أن يفتح مقهى الجبل لكي يحتسوا القهوة قبل أن يهبطوا الجبل ويتوجهوا إلى أعمالهم.

- ذات مرة تخلف سولوفين عن حضور جلسة من المقرر أن تعقد بشقته،

فقد استهوته- بدلًا من ذلك- حفلة موسيقية لرباعي تشيكي، وترك لهما على سبيل الاعتذار «بيضا مسلوقًا وتحية» كما جاء في رسالته القصيرة التي كتبها باللاتينية. كان أينشتاين وهابيكت يعرفان مدى كره سولوفين لدخان التبغ، وانتقما منه بتدخين الغليون والسيجار في غرفته، وتكديس أثاثه وأطباقه فوق السرير، وكتبا باللاتينية: «دخان كثيف وتحية». ويقول سولوفين إنه كاد يفقد الوعي من دخان السجائر عندما رجع إلى شقته، «لقد ظننت أنني سأختنق، وفتحت النافذة على مصراعيها، وبدأت أزيل من فوق السرير كومة الأشياء التي كانت تصل إلى السقف».

وأصبح سولوفين وهابيكت أصدقاء العمر لأينشتاين، وفيما بعد استعاد معهم ذكرى «أكاديميتنا البهيجة التي كانت أقل صبيانية من الأكاديميات المحترمة التي عرفتها فيما بعد عن قرب». وفي رده على بطاقة بريدية مشتركة أرسلها من باريس زميلاه الاثنان في عيد ميلاده الرابع والسبعين، أثنى أينشتاين على الأكاديمية فقال: «إن أعضاءك أنشئوك ليسخروا من الأكاديميات الوطيدة الشقيقة، ولم أقدّر كم أصابت سخريتهم الهدف إلا بعد سنوات طوال».

تضمنت قائمة قراءات الأكاديمية بعض الكلاسيكيات ذات الموضوعات التي كانت أينشتاين يميل إليها، مثل «أنتيجون» مسرحية سوفوكليس الملتهبة عن التمرد على السلطة، و«دون كيخوته» ملحمة سيربانتيس عن المبارزة العنيدة مع طواحين الهواء، ولكن في معظم الأحيان كان أعضاء الأكاديمية الثلاثة يقرءون كتبا تبحث النقاط المشتركة بين العلوم والفلسفة ومن قراءة هؤلاء المبدعين بدأ فاحص براءات الأختراع الشاب يبتكر فلسفته الخاصة في العلم.

وقال أينشتاين فيما بعد إن أكثر هؤلاء العلماء تأثيرًا هو الفيلسوف التجريبي الاسكتلندي ديفيد هيوم (1711 - 1776)، وكان هيوم من وجهة نظر لوك وبيركلي يرتاب في أي معرفة بخلاف ما تستشعره الحواس مباشرة، وحتى قوانين السببية الواضحة كانت في رأيه محل شك؛ علاقات ألفها العقل لا أكثر، فاصطدام كرة بأخرى قد يسير بالطريقة التي تنبأت بها قوانين نيوتن مرة بعد مرة، لكن هذا ليس في الحقيقة سببًا يدعونا للاعتقاد بأنه سيسير بنفس الطريقة في المرة القادمة. وقال أينشتاين: «كان هيوم يرى بوضوح أن بعض المفاهيم مثل مفهوم السببية على سبيل المثال لا يمكن أن نصل إليها بطرق منطقية من ملاحظاتنا للتجارب».

كانت إحدى صور هذه الفلسفة- وتسمى أحيانًا بالفلسفة الواقعية- قد أنكرت صحة أية مفاهيم تتجاوز وصف الظواهر التي نعايشها بصورة مباشرة، وقد راقت لأينشتاين هذه الفلسفة على الأقل في البداية، وقال: «إن نظرية النسبية تبدو واضحة في الفلسفة الواقعية، وقد كان لهذا المنهج الفكري تأثير عظيم على جهودي، وبالأخص (ماخ هيوم) الذي درست كتابه بنهم وإعجاب قبل فترة وجيزة من اكتشاف نظرية النسبية».

طبق هيوم تشككه الصارم على مفهوم الزمن، وقال إن من غير المنطقي أن نتحدث عن أن للزمن وجودًا مطلقًا مستقلًا عن الأشياء التي يمكن إدراكها، والتي تسمح لنا حركاتها بأن نحدد الزمن، وكتب: «من تعاقب الأفكار والانطباعات تتشكل فكرتنا عن الزمن، ومن المستحيل أن يظهر الزمن وحده». وفكرة عدم وجود ما يسمى بالزمن المطلق سوف يكون لها صداها في النهاية في نظرية النسبية لأينشتاين، ومع ذلك فقد

كان تأثير أفكار هيوم المحددة عن الزمن على أينشتاين أقل من تأثير فكرته العامة بأنه من الخطر التحدث عن مفاهيم يستحيل تحديدها بالحوار والمشاهدات.

وقد خفف من حماس أينشتاين لهيوم إعجابه بإمانويل كانط (1724 - 1804) الفيلسوف الألماني الذي عرفه به ماكس تلمود عندما كان صبيًا في المدرسة، وقال أينشتاين: «لقد لفت كانط الأنظار إليه بفكرة كانت تمثل خطوة نحو حل معضلة هيوم»، فبعض الحقائق تصنف في فئة «معرفة مؤكدة دون شك بحكم المنطق».

أي أن كانط ميّز بين نوعين من الحقائق:

(1) الفرضيات التحليلية القائمة على المنطق و«العقل ذاته» بدلًا من مراقبة العالم، ومن أمثلة هذه الفرضيات: كل العزاب غير متزوجين، وناتج جمع اثنين واثنين هو أربعة، ومجموع زوايا المثلث دائمًا مائة وثمانون درجة.

(2) الفرضيات الاستنتاجية القائمة على التجربة والمشاهدة، ومن أمثلة هذه الفرضيات: مونخ أكبر من برن، وكل البجع أبيض اللون. ويمكن تعديل الفرضيات الاستنتاجية إذا توفرت أدلة تجريبية جديدة، لكن الفرضيات التحليلية لا تقبل التعديل، فربما نكتشف بجعة سوداء، لكننا لن نكتشف أعزب متزوجًا، أو مثلثًا يبلغ مجموع زواياه 181 درجة (على الأقل هكذا ظن كانط)، وقال أينشتاين عن الفئة الأولى من الحقائق وفقًا لتصنيف كانط: «هذه هي الحالة التي تندرج تحتها على سبيل المثال فرضيات الهندسة ومبادئ السببية، فهذه الأنواع من المعارف وأنواع أخرى معينة... لا يتحتم الوصول إليها عن طريق الحواس، أي أنها معلومات أولية».

للوهلة الأولى وجد أينشتاين إمكانية اكتشاف حقائق معينة بالمنطق وحده أمرًا رائعًا، لكنه سرعان ما بدأ يشكك في التمييز الشديد لكانط بين الفرضيات التحليلية والفرضيات الاستنتاجية. وقال: «لم يبد أن هناك اختلافًا بين الأشياء التي تتعامل معها الهندسة والأشياء التي نصل إليها عن طريق الحواس». وسوف يرفض فيما بعد هذا التمييز لكانط رفضًا صريحًا، وقد كتب: «أنا مقتنع بأن هذا التمييز خاطئ»، فالفرضية التي تبدو تحليلية بصورة محضة- مثل فرضية أن مجموع زوايا المثلث 180 درجة- قد يتضح أنها غير صحيحة في الهندسة غير الإقليدية أو الفضاء المنحني (كما هو الحال في نظرية النسبية العامة). وقال أينشتاين فيما بعد عن مفاهيم الهندسة والسببية: «يعرف الجميع حاليًا بالطبع أن المفاهيم المذكورة لا تتضمن شيئًا من اليقين، أو الحتمية المتأصلة، التي كان كانط يعزوها إليها».

تطورت فلسفة (هيوم) التجريبية على يد (إرنست ماخ) (1838 – 1916)، الفيزياء النمساوي والفيلسوف الذي قرأ أينشتاين كتاباته بناء على إلحاح من (ميكيلي بيسو)، وقد أصبح أحد الكُتاب المفضلين في أكاديمية أوليمبيا، وقد رسخ في أينشتاين الشك في الآراء السائدة والأعراف المقبولة، وهي الصفة التي ستصبح علامة مميزة في إبداعه، وقد أعلن أينشتاين فيما بعد- في كلمات يمكن أن تصفه هو أيضًا- أن عبقرية ماخ ترجع جزئيًا إلى «شكه المحايد واستقلاليته».

كان جوهر فلسفة (ماخ) بتعبير (أينشتاين) هو: «إن المفاهيم لا يكون لها معنى إلا إذا استطعنا أن نشير إلى أشياء تعُبر عنها هذه المفاهيم، وإلى القوانين التي تُحدد علاقتها بهذه الأشياء». وبمعنى آخر، حتى

يكون المفهوم منطقيًا فأنت بحاجة إلى تعريف عملي له؛ تعريف يصف كيف ترصد تطبيق هذا المفهوم في الواقع. وسوف يثمر هذا الفهم نتائج طيبة لأينشتاين عندما يتحدث هو وبيسو بعد بضع سنوات عن المشاهدات التي تعطي معنى لمفهوم «تزامن حدثين».

كان الشيء الأكثر تأثيرًا الذي أحدثه ماخ في أينشتاين هو تطبيق هذا المنهج على مفاهيم نيوتن عن «الزمن المطلق» و«المكان المطلق»، فقد أكد (ماخ) استحالة تعريف هذه المفاهيم عن طريق الملاحظة، ولذا فهي بلا معنى، وسخر (ماخ) من «سخافة مفهوم نيوتن عن المكان المطلق»، ووصفه بأنه «أمر ذهني محض لا يمكن الاستدلال عليه بالتجربة»

وكان البطل الفكري الأخير في أكاديمية أوليمبيا هو باروخ اسبينوزا (1632 -1677) الفيلسوف اليهودي من أمستردام، وكان تأثيره دينيًا في المقام الأول، فقد اعتنق أينشتاين مفهومه عن الإله الذي ليس له وجود منفصل، والذي يتجلى في الجمال الباهر والمنطق العقلاني واتساق قوانين الطبيعة، لكن أينشتاين- مثل اسبينوزا- لم يؤمن بإله شخصي يكافئ ويعاقب ويتدخل في حياتنا اليومية.

بالإضافة إلي ذلك استمد أينشتاين من اسبينوزا الإيمان بالحتمية؛ وهي الإحساس بأن قوانين الطبيعة- ما إن نستطيع سبر أغوارها- تفرض أسبابًا ونتائج لا تتغير، وبأنه لا شيء يحدث في كون الله عشوائيًا. قال اسبينوزا: «كل الأشياء تحكمها جبرية الطبيعة الإلهية»، وحتى عندما أثبتت ميكانيكا الكم خطأ هذا المبدأ، ظل أينشتاين مؤمنًا راسخًا.

الزواج بميليفا

لم يقدر لهيرمان أينشتاين أن يرى ابنه يحرز نجاحًا أكبر من فاحص براءات اختراع من الدرجة الثالثة، وفي أكتوبر/ تشرين الأول 1902 عندما بدأت صحة هيرمان تتدهور سافر أينشتاين إلى ميلانو ليكون معه في أيامه الأخيرة، وقد ظلت علاقتهما زمنًا طويلًا خليطًا من المجافاة والعطف، وانتهت على هذا النحو أيضًا. وفيما بعد قالت مساعدة أينشتاين هيلين دوكاس «عندما اقترب الأجل طلب هيرمان منهم جميعًا أن يغادروا الغرفة حتى يموت بمفرده».

ظل أينشتاين بقية حياته يشعر بالذنب بخصوص تلك اللحظة التي جسدت عجزه عن أن يرتبط بأبيه ارتباطًا حقيقيًا، وللمرة الأولى في حياته أصابه الذهول «وغمره شعور بالوحشة»، وفيما بعد وصف موت والده بأنه أقسى صدمة واجهها في حياته، غير أن هذه الحادثة أزاحت عقبة كبيرة، فعلى فراش الموت أذن هيرمان أينشتاين أخيرًا لابنه في الزواج من ميليفا ماريتش.

واجتمع زميلا أينشتاين بالأكاديمية الأولمبية، موريس سولوفين وكونراد هابيكت في جلسة خاصة في السادس من يناير/ كانون الثاني 1903، ليكون شاهدين على حفل الزواج المدني البسيط في مكتب تسجيل الزواج ببرن، حيث تزوج ألبرت أينشتاين ميليفا ماريتش، ولم يحضر زواجهما أفراد عائلتيهما؛ لا والدة أينشتاين ولا شقيقته ولا أهل ماريتش، وفي ذلك المساء احتفلت مجموعة المفكرين الذين تجمعهم

صداقة وثيقة معًا في أحد المطاعم، ثم عاد أينشتاين وماريتش إلى شقته معًا. وما لا يثير الدهشة أنه نسي مفتاحه واضطر إلى إيقاظ صاحبة السكن.

كتب أينشتاين إلى (ميكيلي بيسو) بعد أسبوعين يقول: «لقد أصبحتُ الآن رحلًا متزوجًا، وأتمتع بالدفء والراحة مع زوجتي، وهي تهتم بكل شيء اهتمامًا كبيرًا وتحسن الطهو، وتبدو دائمًا مبتهجة». أما ماريتش فقد كتبت لإحدى صديقاتها المقربات: «إنني أقرب إلى حبيبي عما كنت في زيورخ إن كان ذلك ممكنًا»، وكانت تحضر من آن لآخر جلسات أكاديمية أوليمبيا، ولكن كمشاهد في معظم الأحيان، ويقول سولوفين: «كانت ميليفا، الذكية المحافظة، تستمع بإمعان، لكنها لم تشترك قط في مناقشاتنا».

غير أن الغيوم بدأت تلوح في الأفق، فقد تحدثت ماريتش عن أعمالها المنزلية الروتينية ودورها كمجرد مشاهد في الحوارات العلمية فقالت: «إن واجباتي الجديدة قد أنهكتني». شعر أصدقاء أينشتاين أنها تزداد اكتئابًا، وكانت أحيانًا تبدو مقتضية ومرتابة، وصار أينشتاين يترقب الأسوأ، أو هكذا زعم على الأقل عندما استعاد الماضي، وادعى فيما بعد أنه كان يشعر «بمعارضة داخلية» للزواج بماريتش، لكن «إحساسه بالواجب» تغلب على هذا الشعور.

وسرعان ما بدأت ماريتش في البحث عن طرق لاستعادة سحر علاقتهما، فقد كانت تأمُل في الفرار من الكدح الذي كان يبدو سمة أساسية في منزل الموظف الحكومي السويسري، والبحث- بدلًا من ذلك- عن فرصة لاستعادة حياتهما الجامعية البوهيمية القديمة، وقد

قررا- أو على الأقل كانت ماريتش تأمل ذلك- أن يبحث أينشتاين عن وظيفة في مجال التدريس في مكان بعيد، ربما بالقرب من ابنتهما ليسيرل التي تخليا عنها، وكتبت إلى صديقتها في صربيا: «سوف نحاول في أي مكان، هل تعتقدين أن أناسًا مثلنا يستطيعون أن يجدوا فرصة في بلجراد على سبيل المثال؟» قالت ماريتش إنهما سيقومان بأي عمل تعليمي، حتى تعلم الألمانية في المدارس الثانوية، «أتعرفين؟ لا تزال لدينا روح المغامرة القديمة».

وعلى قدر علمنا لم يذهب أينشتاين قط إلى صربيا للبحث عن عمل أو رؤية ابنته، وفي أغسطس/ آب 1903 بعد بضعة أشهر من زواجهما صارت السحابة الخفية التي تخيم على حياتهما فجأة أشد قتامة، فقد تلقت ماريتش خبرًا بأن ليسيرل التي كان عمرها آنذاك 19 شهرًا قد أصيبت بالحمى القرمزية، فاستقلت القطار إلى نوفي ساد، وعندما توقف القطار في سالزبورج، اشترت بطاقة بريدية تصور قلعة محلية، وخطت عليها رسالة قصيرة أرسلتها بالبريد من محطة في بودابست وجاء فيها: «الوقت يمر بسرعة، لكنه عصيب، ولا أشعر أنني بخير على الإطلاق. ماذا تفعل يا جونزيل؟ أرجو أن تسرع بالكتابة إليّ حبيبتك دوللي المسكينة».

يبدو أن الطفلة عرضت للتبني، والدليل الوحيد الذي لدينا هو خطاب غامض كتبه أينشتاين لماريتش في سبتمبر/ أيلول بعد أن مر عليها شهر في نوفي ساد جاء فيه: «أنا آسف جدًا بشأن ما حدث لليسيرل، كثيرًا مما تترك الحمى القرمزية أثرًا باقيًا بعد زوالها، أرجو أن تسير الأمور على ما يرام. كيف سجلت ليسيرل؟ لابد أن نكون في شدة الحرص، لئلا تواجه الطفلة صعوبات في المستقبل».

وأيًا كان دافع أينشتاين لهذا السؤال، فلم يُعثَر على وثائق تسجيل ليسيرل، ولم تبق أية مستندات أخرى تشير إلى وجودها، وقد نقَّب باحثون كثيرون صربيون وأمريكيون- منهم روبرت شولمان من مشروع أبحاث أينشتاين وميشيل زاكايم التي ألفت كتابًا عن البحث عن ليسيرل- دون جدوى في الكنائس ومكاتب التسجيل والمعابد اليهودية والمقابر.

فقد أزيلت بحرص جميع الأدلة المتعلقة بابنة أينشتاين، وجرى التخلص من جميع الخطابات المتبادلة بين أينشتاين وماريتش في صيف وخريف 1902 التي كانت الكثير منها على الأرجح يتناول ليسيرل، أما الخطابات المتبادلة ما بين ماريتش وصديقتها هيلين سافيتش خلال تلك الفترة فقد أحرقتها عمدًا عائلة سافيتش، وقد بذل أينشتاين وزوجته طوال حياتيهما وحتى بعد انفصالهما كل ما في وسعهما ليخفيا ليس فقط مصير ابنتهما الأولى بل وجودها ذاته، ونجحا في ذلك نجاحًا مذهلًا.

إحدى الحقائق القليلة التي أفلتت من هذا الثقب الأسود في التاريخ هي أن ليسيرل كانت لا تزال على قيد الحياة في سبتمبر/ أيلول 1903، ويؤكد ذلك إعراب أينشتاين في خطابه إلى ماريتش في ذلك الشهر عن قلقه بشأن الصعوبات التي قد تواجه «الطفلة في المستقبل»، ويوضح الخطاب أيضًا أنها كانت قد عُرضت للتبني في ذلك الحين، لأن أينشتاين تحدث فيه عن رغبته في إنجاب طفل «بديل».

وهناك تفسيران مقبولان لمصير ليسيرل؛ الأول هو أنها اجتازت نوبة الحمى القرمزية وتربت لدى عائلة للتبني، ففي أكثر من مناسبة فيما بعد في حياته عندما ظهر نساء زعمن (كذبًا كما تبين) أنهن بنات غير شرعيات له، لم يرفض أينشتاين ذلك الاحتمال رفضًا قاطعًا، لكن هذا

لا يعني أنه ظن أن إحداهن قد تكون ليسيرل، نظرًا لتعدد علاقاته.

وأحد الاحتمالات التي يحبذها شولمان هو أن هيلين سافيتش صديقة ماريتش قد تبنت ليسيرل؛ فالواقع أنها ربت طفلة تدعى زوركا Zorka كانت عمياء منذ طفولتها المبكرة (ربما نتيجة الحمى القرمزية)، ولم تتزوج قط، وكان ابن أخيها يحول بينها وبين مَنْ يسعون إلى إجراء مقابلات معها، وقد توفيت زوركا في التسعينيات.

لكن هذا الاحتمال يرفضه ابن الأخ الذي حمى زوركا، ويدعى ميلان بوبوفيتش وفي كتابه الذي ألفه عن الصداقة بين ماريتش وجدته هيلين سافيتش ومراسلاتهما يقول بوبوفيتش: «هناك نظرية تقول بأن جدتي تبنت ليسيرل، لكن بحث تاريخ عائلتي يظهر أنها نظرية لا أساس لها من الصحة»، غير أنه لم يقدم أية أدلة وثائقية- مثل شهادة ميلاد عمته- تؤيد وجهة نظره، فقد أحرقت أمه معظم خطابات هيلين سافيتش، بما فيها أي شيء له علاقة بليسيرل. وتعتمد نظرية بوبوفيتش جزئيًا على قصص العائلة التي تذكرها كاتبة صربية تدعى مبرا أليكوفيتش، وتقول نظريته إن ليسيرل ماتت بالحمى القرمزية في سبتمبر/ أيول 1903 بعد خطاب أينشتاين في ذلك الشهر، وتنتهي ميشيل زاكايم في كتابها الذي يصف بحثها عن ليسيرل إلى نتيجة مشابهة.

وأيًا كان ما حدث فقد أضاف إلى اكتئاب ماريتش، وبعد وفاة أينشتاين بفترة قصيرة نشر كاتب يدعى بيتر ميشيلمور ولم يكن يعرف شيئًا عن ليسيرل- كتابًا اعتمد فيه إلى حد ما على حوارات أجراها مع هانز ألبرت أينشتاين، ويقول ميشيلمور في حديثه عن السنة التي تلت زواج أينشتاين وماريتش مباشرة: «وقع أمر ما بين الاثنين، لكن ميليفا

لا تقول إلا أنه كان «شخصيًا جدًا»، وأيًا كان هذا الأمر، فقد كانت تكثر التفكير فيه همًا وقلقًا، ويبدو أن أينشتاين كان مسئولًا بصورة أو بأخرى. حث الأصدقاء ميليفا على التحدث عن مشكلتها وإخراجها للنور، لكنها أصرت على أنها شخصية جدًا وحفظتها سرًا طيلة حياتها، وهذا جزء أساسي في قصة ألبرت أينشتاين لا يزال يكتنفه الغموض».

ربما كان الإعياء الذي اشتكت منه ماريتش في البطاقة البريدية التي أرسلتها من بودابست سببه أنها أصبحت حاملًا مرة أخرى، وعندما اكتشفت أنها حامل بالفعل، أصابها القلق من أن يغضب هذا الحمل زوجها، لكن أينشتاين عبر عن سعادته عندما سمع الأخبار عن قرب مجيء بديل لابنتهم، وكتب: «لا أشعر بذرة من الغضب لأن دوللي المسكينة ستلد طفلًا جديدًا، بل إنني سعيد بذلك، وقد خطر ببالي أنني يجب أن أحرص على ألا تتجبي ليسيريل أخرى، فلا يصح على أية حال أن تُحرمي مما هو حق لكل امرأة».

ولد هانز ألبرت أينشتاين في 14 مايو/ 1904، ورفع الطفل الجديد من معنويات ماريتش وأعاد شيئًا من البهجة إلى زواجها، أو هذا على الأقل ما أخبرت به صديقتها هيلين سافيتش، فقد كتبت إليها تقول: «تعالي إلى برن حتى أستطيع أن أراك مرة ثانية، وأريك حبيب قلبي الصغير الذي يدعى أيضًا ألبرت. لا أستطيع أن أعبر لك عن السعادة التي أشعر بها عندما يضحك بمرح حين يستيقظ أو عندما يضرب برجليه وهو يستحم».

وذكرت ماريتش أن أينشتاين كان «يتصرف بوقار أبوي»، وأنه يقضي الوقت في صنع لعب صغيرة لابنه الرضيع، مثل عربة تلفريك صنعها من

الخيط وعلب الثقاب، وظل هانز ألبرت يتذكر حتى بعدما أصبح بالغًا، ويقول: «كانت تلك من أجمل اللعب لدي في ذلك الوقت، وكانت ناجحة، فقد كان يستطيع صنع أجمل الأشياء من قليل من الخيط وعلب الثقاب وما إلى ذلك».

كان ميلوش ماريتش مبتهجا بمولد حفيده حتى إنه جاء للزيارة وأهدى أينشتاين وميليفا مالا كثيرًا يُروى في قصص العائلة (ربما مع بعض المبالغة) أنه كان 10000 فرنك سويسري، لكن ميلوش ماريتش روى فيما بعد والدموع في عينيه أن أينشتاين رفض المال قائلًا إنه لم يتزوج ابنته من أجل المال، والواقع أن أحوال أينشتاين المالية كانت قد بدأت في التحسن، وبعد أكثر من سنة في مكتب براءات الاختراع كان أينشتاين قد اجتاز مرحلة الاختبار.

الفصل الرابع

سنة المعجزة
في حياة اينشتاين (١٩٠٥م)

يتحدث هذا الفصل عن السنة التي احدثت تغيرا جوهريا في حياة اينشتاين العلمية والتي جعلته يواصل مسيرته بشيء من الإصرار والعزم والتحدي.

يقال إن اللورد الموقر كيلفن Lord kelvin قال في خطاب بالجمعية البريطانية لتقدم العلوم عام 1900: «ليس هناك جديد يمكن اكتشافه في الفيزياء الآن، فلم يبق إلا مزيد ومزيد من الدقة في القياس». وقد جانبه الصواب.

لقد وضع إسحاق نيوتن (1642 - 1727) أسس الفيزياء الكلاسيكية في أواخر القرن السابع عشر، وقد اعتمد على اكتشافات جاليليو وآخرين في وضع قوانين تصف عالمًا ميكانيكيًا يمكن فهمه فهمًا تامًا؛ فسقوط التفاحة وحركة القمر في مداره تحكمها نفس قوانين الجاذبية والكتلة والقوة والحركة، والأسباب تؤدي إلى نتائج، والقوى تؤثر على الأجسام، ويمكن من الناحية النظرية تفسير كل شيء وتحديده والتنبؤ به. وقد قال لابلاس Laplace عالم الرياضيات والفلك عن نيوتن: «إن الذكاء الذي يعرف جميع القوى المؤثرة في الطبيعة في لحظة معينة، فضلًا عن معرفة مواضع جميع الموجودات في الكون في اللحظة نفسعا، سيكون قادرًا على أن يستوعب في معادلة واحدة حركات أكبر الأجرام، وأخف

الذرات في العالم؛ ولن يكون أي شيء غامضًا بالنسبة إليه، فالمستقبل والماضي سيكونان حاضرًا في عينيه».

أُعجب أينشتاين بهذه العلاقة السببية الصارمة ووصفها بأنها «أعمق تعاليم نيوتن»، وقد لخص تاريخ الفيزياء متهكمًا فقال: «في البدء (إن كان هناك بدء) خلق الله قوانين نيوتن للحركة، بالإضافة إلى الكتل والقوى اللازمة»، وما أثار إعجاب أينشتاين بصورة خاصة «ما حققته الميكانيكا في مجالات تبدو من الظاهر لا علاقة لها بالميكانيكا» مثل النظرية الحركية التي كان يبحثها، والتي فسرت سلوك الغازات بأنه نتيجة تأثير بلايين الجزيئات التي تتصادم في جميع الاتجاهات.

في منتصف العقد الأول من القرن التاسع عشر ارتبطت اكتشافات نيوتن بتقدم عظيم آخر، فقد اكتشف العالم التجريبي الإنجليزي مايكل فاراداي (1791 - 1867)- ابن الحداد الذي علم نفسه بنفسه- خواص المجالات الكهربية والمغناطيسية، وقد أوضح أن التيار الكهربي يولد مغناطيسية، وأوضح بعد ذلك أن المجال المغناطيسي المتغير يمكن أن يولد تيارًا كهربيًا، فعندما يتحرك مغناطيس بالقرب من ملف أو العكس يتولد تيار كهربي.

وقد سمحت أعمال الحث الكهرومغناطيسي لفاراداي لرجال أعمال مبدعين، مثل والد أينشتاين وعمه، بأن يبتكروا طرقًا جديدة للجمع ما بين ملفات دوارة ومغناطيسات دوارة لصنع المولدات الكهربية. ونتيجة لذلك كان لدى ألبرت أينشتاين فهم فيزيائي عميق لمجالات فارادي، وليس مجرد فهم نظري لها.

فيما بعد استنبط الفيزيائي الاسكتلندي ذو اللحية الكثة جيمس

كلارك ماكسويل (1831 - 1879) معادلات رائعة تصف- من بين أشياء أخرى- كيف تولد المجالات الكهربية المتغيرة مجالات مغناطيسية، وكيف تولد المجالات المغناطيسية المتغيرة مجالات كهربية؛ فالمجال الكهربي المتغير يمكن في الواقع أن يولد مجالًا مغناطيسيًا متغيرًا يستطيع بالتالي أن يولد مجالًا كهربيًا متغيرًا، وهكذا، وكانت نتيجة هذا الازدواج موجه كهرومغناطيسية.

وكما أن نيوتن قد ولد في السنة التي توفى فيها جاليليو، فقد ولد أينشتاين كذلك في السنة التي توفى فيها ماكسويل، ورأى أن جزءًا من رسالته مواصلة عمل العالم الاسكتلندي، فقد كان مُنظِّرًا نبذ النزعات السائدة، وجعل النغمات الرياضية تحدوه إلى أراض مجهولة، ووجد تناغمًا يقوم على جمال وبساطة نظرية المجال.

ظل أينشتاين طوال حياته مفتونًا بنظريات المجال، وقد وصف نشأة هذه الفكرة في كتاب ألفه بالاشتراك مع زميل له جاء فيه:

ظهرت فكرة جديدة في الفيزياء، وهي أهم الابتكارات منذ عصر نيوتن وهي نظريات المجال، لقد احتاج الأمر خيالًا علميًّا واسعًا لإدراك أنه لا الشحنات ولا الجسيمات، بل المجال الموجود في الفراغ بين الشحنات والجسيمات هو العنصر الأساسي لوصف الظواهر الفيزيائية. وأثبتت فكرة المجال نجاحها عندما أدت إلى صياغة معادلات (ماكسويل)، التي تصف تركيب المجال الكهرومغناطيسي.

في البداية بدت نظرية المجال الكهرومغناطيسي التي وضعها ماكسويل متفقة مع ميكانيكا نيوتن، فقد كان ماكسويل يعتقد على سبيل المثال أن الموجات الكهرومغناطيسية- التي تشمل الضوء المرئي-

يمكن أن تفسرها الميكانيكا التقليدية لو افترضنا أن الكون ينتشر فيه أثير غير مرئي يحمل أشعة الضوء، ويلعب دور المادة الملموسة التي تتموج وتتذبذب لتنقل الموجات الكهرومغناطيسية، وهو يشبه الدور الذي يلعب الماء في نقل موجات المحيط، والدور الذي يلعبه الهواء في نقل الموجات الصوتية.

بيد أنه مع نهاية القرن التاسع عشر بدأت تظهر صدوع في أسس الفيزياء الكلاسيكية، وكانت إحدى المشكلات أن العلماء- على الرغم من محاولاتهم الجادة- لم يستطيعوا أن يجدوا أي دليل على حركتنا خلال هذا الأثير المزعوم الذي ينقل الضوء، وأظهرت دراسة الإشعاع- كيف ينبعث الضوء والموجات الكهرومغناطيسية الأخرى من أجسام فيزيائية وهناك مشكلة أخرى فقد كانت أشياء غريبة تحدث على الحدود التي تتفاعل عندها نظريات نيوتن التي وصفت ميكانيك الجسيمات الدقيقة، مع نظرية المجال التي وصفت جميع الظواهر الكهرومغناطيسية.

حتى ذلك الحين كان أينشتاين قد نشر خمسة أبحاث لم تجتذب اهتمامًا يُذكر، ولم تمنحه لا الدكتوراه ولا وظيفة تدريس ولو في مدرسة ثانوية، ولو أنه عندئذ ترك الفيزياء النظرية لما لاحظ المجتمع العلمي، وربما كان قد ترقى في درجات السلم الوظيفي حتى أصبح رئيس مكتب براءات الاختراع السويسري، وهو عمل ربما كان سيحرز فيه نجاحًا كبيرًا حقًا.

لم تكن هناك إشارة تفيد بأنه كان على وشك أن يُطلق العنان للسنة المعجزة، التي لم يشهد العلم مثيلا لها منذ عام 1666، عندما اختفى إسحاق نيوتن في بيت أمه في منطقة وولستورب الريفية للفرار من الطاعون الذي اجتاح كامبريدج، وابتكر حساب التفاضل، وتحليل طيف الضوء، وقانون الجاذبية.

لكن الفيزياء كانت مهيأة لأن تنقلب مرة أخرى رأسا على عقب، وكان أينشتاين مهيأ للقيام بهذه المهمة، فقد كانت لديه الجرأة اللازمة لكي يتخلص من طبقات الآراء السائدة التي كانت تطمس الشروخ الموجودة في أساس الفيزياء، وجعلته بقدرته على التخيل يقفز قفزات فكرية عجز عنها المفكرون التقليديون.

والطفرات العلمية التي أحدثها في أربعة أشهر من البحث المحموم من مارس (آذار) وحتى يونيو (حزيران) 1905، كانت لها مؤشرات فيها أصبح واحدًا من أصحاب أشهر الخطابات الشخصية في تاريخ العلم، فقد كان كونراد هابيكت- زميله الفيلسوف المرح في أكاديمية أوليمبيا- قد انتقل لتوه من برن، وهو ما كان لحسن حظ المؤرخين مبررًا لأن يكتب إليه أينشتاين في أواخر مايو (أيار):

عزيزي هابيكت

لقد خيم بيننا جو مهيب من الصمت، حتى إنني أشعر كما لو أنني قد انتهكت حرمة شيء مقدس عندما أكسره الآن بثرثرة لا معنى لها....

ماذا تفعل أيها الحوت المتجمد؟ لماذا لم ترسل لي بحثك بعد؟ ألا تعلم أنني واحد من الذين سيقرءونها باهتمام وسرور أيها البائس؟ أنا أعدك بأربعة أبحاث في مقابل بحثك؛ يتناول الأول الإشعاع وخواص طاقة الضوء، وهو بحث ثوري جدًا، كما سترى إذا أرسلت لي بحثك أولًا. والبحث الثاني هو تحديد للأحجام الحقيقية للذرات.... والثالث يثبت أن الأجسام التي لا تزيد عن 1000/ 1 من المليمتر، والمعلقة في السوائل، تتحرك حركة عشوائية ملحوظة ترجع إلى حركة حرارية. وقد رصد حركة الأجسام المعلقة بالفعل علماء وظائف الأعضاء، وأطلقوا

عليها اسم الحركة البروانية. والبحث الرابع هو مجرد مسودة بسيطة حاليًا، وهو يتناول الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة التي تستخدم تعديلا لنظرية الزمان والمكان.

مارس/ آذار 1905

ذكر أينشتاين لهابيكت، لقد كان أول أبحاث عام 1905 هو الأكثر أهمية- وليس البحث النهائي الشهير الذي يتناول نظرية النسبية- هو الذي يستحق وصف «ثوري»، بل ربما كان يتضمن أكثر الابتكارات ثورية في تاريخ الفيزياء، ففكرة أن الضوء لا يأتي في صورة موجات ولكن في صورة حزم دقيقة- (كمات الضوء) التي سميت فيما بعد بـ«الفوتونات»- تنقلنا إلى أجواء علمية غريبة أكثر غموضًا- بل أشد هولا- من أكثر جوانب النسبية غرابة.

وقد أقر أينشتاين بهذا في العنوان العجيب بعض الشيء الذي عنون به البحث الذي قدمه في 17 مارس/ آذار 1905 وهو «وجهة نظر إرشادية تتعلق بانبعاث الضوء وانتقاله». ما معني إرشادية؟ تعني فرضية تستخدم كدليل وتعطي توجيها في حل مسألة، لكنها لا تعد فرضية مثبته. ومن أول جملة نشرها عن ميكانيكا الكم إلى آخر جملة نشرها عنها- وجاءت في بحث نشر بعد خمسين عامًا تمامًا قبيل وفاته بقليل- ظل أينشتاين يعتبر فكرة الكمات وجميع نتائجها المحيرة إرشادية في أفضل الأحوال؛ أي أنها مؤقتة وناقصة ولا تتفق بالكامل مع أفكاره عن الحقيقة الكامنة.

كانت هناك مسائل في صميم بحث أينشتاين أثارت جنون علماء الفيزياء في مطلع القرن، والواقع أنها كانت كذلك منذ زمن الإغريق حتى اليوم، ومن أمثلتها: هل يتكون الكون من جسيمات، مثل الذرات

والإلكترونات؟ أم هو بنية متصلة كما يبدو المجال الكمرومغناطيس أو مجال الجاذبية؟ وإن كانت هاتان الطريقتان صالحتين أحيانا لتوصيف الأشياء، فماذا يحدث عندما تتداخلان؟

ومنذ ستينيات القرن التاسع عشر عكف العلماء على البحث عن نقطة التداخل هذه بتحليل ما أطلقوا عليه «إشعاع الجسم الأسود». وكما يعرف كل من استخدم فرن الفخار أو موقد الغاز أن توهج مادة الحديد يتغير لونه كلما ارتفعت درجة الحرارة؛ ففي البداية يظهر أن الحديد يشع في الأساس ضوءًا أحمر، ويتحول هذا الإشعاع مع ارتفاع درجة الحرارة إلى اللون البرتقالي، ثم الأبيض، ثم الأزرق. ولدراسة هذا الإشعاع استنبط جوستاف كيرتشوف وعلماء آخرون وعاءً معدنيًا مغلقا ذا ثقب دقيق يسمح بخروج قليل من أشعة الضوء، ورسموا بعد ذلك رسوما بيانية لشدة كل طول موجي عندما يصل الجهاز لحالة الاتزان عند درجة حرارة معينة، وجاءت النتائج واحدة بصرف النظر عن المادة وشكل جدران الوعاء، وكان شكل الرسوم البيانية يتوقف على درجة الحرارة فقط.

كانت هناك مع الأسف مشكلة، فلم يستطع أحد أن يقدم تفسيرًا كاملًا لأساس المعادلة الرياضية التي تنتج هذه المنحنيات البيانية الشبيهة بالتلال.

وعندما توفى كيرتشوف تقلد ماكس بلانك كرسيه بجامعة برلين. ولد بلانك عام 1858 في عائلة ألمانية عريقة بها علماء ولاهوتيون ومحامون عظام، وكان يحظى بسمات عديدة لم يكن لدى أينشتاين شيء منها، فقد كان بلانك بنظارته الأنيقة وتكلفة في الملبس يبدو ألمانيًا شديد الفخر بألمانيته، وكان خجولًا بعض الشيء، ذا عزيمة فولاذية،

ومتحفظًا بطبيعته، ورسميًا في مسلكه. وقال صديقهما المشترك ماكس بورن فيما بعد: «من الصعب تخيل رجلين أشد منهما اختلافًا، فأينشتاين مواطن عالمي، لا يتعلق كثيرًا بالمحيطين به، مستقل عن الخلفية العاطفية للمجتمع الذي يعيش فيه، أما بلانك فشديد التأثر بتقاليد عائلته وشعبه، ووطني غيور، فخور بعظمة تاريخ ألمانيا، وبروسي واع في موقفه تجاه الدولة».

وقد أدت نوعة بلانك المحافظة إلى تشككه في الذرة والنظريات الجسيمية بوجه عام (في مقابل الموجات ونظريات المجال المتصل)، وقد كتب عام 1882: «علي الرغم من النجاح العظيم الذي حققته النظرية الذرية حتى الآن، فمآلها أن تفسح المجال لفرضية الطبيعة المتصلة للمادو». وسوف يشترك بلانك وأينشتاين- في واحدة من مفارقات القدر النادرة على سطح كوكبنا- في وضع أسس ميكانيكا الكم، وبعد ذلك سيحجمان عنها عندما يتضح أنها قوضت مفاهيم السببية واليقينية الصارمتين اللتين كانا يقدسانها.

توصل بلانك عام 1900 إلى معادلة معتمدًا إلى حد ما على ما أطلق عليه «التخمين الموفق» الذي وصف منحنى الأطوال الموجبة للإشعاع عند كل درجة حرارة، وبذلك يكون قد سلم آخر الأمر بصحة الأساليب الإحصائية لبولتزمان التي كان قد رفضها من قبل، لكن المعادلة كانت لها خاصية غريبة؛ فقد تطلبت استخدام ثابت، وكان هذا الثابت كمية دقيقة لا تفسير لها (6062607 × 10-34 جول. ثانية تقريبًا) ينبغي إضافتها حتى تصبح المعادلة صحيحة، وسرعان ما أطلق عليه ثابت بلانك h، ويعرف الآن بأنه أحد الثوابت الأساسية في الطبيعة.

في البداية لم يكن لدى (بلانك) أية فكرة عن المعنى الفيزيائي- إن وجد- لهذا الثابت الرياضي. لكنه توصل بعد ذلك إلى نظرية كان يعتقد أنها لا تنطبق فقط على طبيعة الضوء ذاته، بل على التأثير الحادث عند امتصاص مادة للضوء أو انبعاثه منها، وقد افترض أن سطح أي جسم يشع حرارة وضوءًا- مثل جدران جسم أسود- يحتوي على «جزيئات متذبذبة» أو «مذبذبات متناغمة»، مثب عليها زنبركات صغيرة متذبذبة، وتمتص هذه المذبذبات المتناغمة الطاقة أو تبعثها في شكل كمات أو حزم منفصلة، وهذه الكمات أو الحزم من الطاقة لها مقادير ثابته يحددها ثابت (بلانك)، فهي لا تقبل التجزئة وليس لها نطاق متصل من القيم.

اعتبر (بلانك) ثابته الرياضي مجرد حيلة حسابية يفسر بها عملية انبعاث أو امتصاص الضوء، لكنه لا ينطبق على الطبيعة الأساسية للضوء ذاته، ومع ذلك فإن التصريح الذي أدلى به للجمعية الفيزيائية ببرلين في ديسمبر/ كانون الأول 1900 كان بالغ الأهمية: «ونحن من ثم ننظر إلى الطاقة على أنها تتكون من عدد محدد من الحزم المتساوية المحدودة».

سرعان ما أدرك أينشتاين أن نظرية الكم يمكن أن تهدم الفيزياء الكلاسيكية، وكتب لاحقًا يقول: «كان كل هذا واضحًا لي تمامًا بعد فترة قصيرة من ظهور عمل بلانك الأساسي، وباءت بالفشل الذريع جميع محاولاتي للتوفيق بين الأسس النظرية للفيزياء وهذه المعرفة، كان الأمر وكأن الأرض قد انسحبت من تحت أقدامنا، ولم يعد ثمة قاعدة راسخة نركن إليها».

وإلى جانب مشكلة تفسير ثابت (بلانك)، كانت هناك خاصية غريبة أخرى من خواص الإشعاع تحتاج إلى تفسير، وقد أطلق عليها

الظاهرة الكهروضوئية، وهي تحدث عندما يسقط الضوء على سطح معدني فيؤدي إلى تحرر الإلكترونات وانبعاثها. وفي الخطاب الذي كتبه أينشتاين لماريتش بعد أن علم بحملها مباشرة في مايو/ أيار 1901، تحدث بحماس عن (بحث جميل) لفيليب لينارد بحث فيه هذا الموضوع.

توصل لينارد في تجاربه إلى اكتشاف غير متوقع، فعندما زاد تردد الضوء- منتقلًا من تردد الأشعة تحت الحمراء والضوء الأحمر إلى الضوء البنفسجي والأشعة فوق البنفسجية- انطلقت الإلكترونات المنبعثة بقوة أكبر بكثير، بعد ذلك زاد من شدة الضوء باستخدام مصباح قوس كهربائي يمكن زيادة درجة سطوعه إلى 1000 ضعف، والضوء الأكثر سطوعًا والأكثر شدة به قدر أكبر بكثير من الطاقة، لذا كان من المنطقي أن تمتص الإلكترونات المنبعثة قدرًا أكبر من الطاقة، وأن تنطلق بسرعة أكبر، لكن ذلك لم يحدث، فالضوء الأكثر شدة حرر مزيدًا من الإلكترونات، بينما ظلت طاقة كل إلكترون ثابتة، وهذا أمر عجزت النظرية الموجية للضوء عن تفسيره.

أخذ أينشتاين يتأمل أعمال بلانك ولينارد طوال أربع سنوات، وفي بحثه الأخير لعام 1904 تحت عنوان «عن النظرية الجزيئية العامة للحرارة» ناقش كيف يتذبذب متوسط طاقة الجزيئات في النظام، ثم طبق هذا على حيز مملوء بالإشعاع، ووجد أن نتائج التجربة تتفق مع النظرية، وكانت عبارته الأخيرة حين قال: «أعتقد أن هذا الاتفاق يجب ألا يعزي إلى الصدفة». وقد كتب لصديقه كونراد هابيكت بعد أن أنهي هذا البحث عام 1904 قائلًا: «لقد اكتشفت الآن بطريقة غاية في البساطة العلاقة بين حجم الكمات الأولية للمادة والأطوال الموجية للإشعاع»، ويبدو أنه

كان مهيأ بذلك لأن يصوغ نظرية تقول إن مجال الإشعاع يتكون من كمات.

وهذا بالضبط ما فعله في بحثه الذي تناول كمات الضوء عام 1905، والذي نُشر بعد ذلك بعام، فقد أخذ العملية الرياضية التي اكتشفها بلانك، وفسرها حرفيًا، وربطها بالنتائج الكهروضوئية، وحلل الضوء كما لو كان يتكون بالفعل من جسيمات شبيهة بالنقط- كمات الضوء كما أسماها- بدلًا من كونه موجة متصلة.

بدأ أينشتاين بحثه بوصف الفارق الكبير ما بين النظريات القائمة على الجسيمات (مثل النظرية الحركية للغازات) والنظريات التي تتضمن دوالًا متصلة (مثل المجالات الكهرومغناطيسية في النظرية الموجية للضوء)، وقال: «هناك اختلاف كبير بين النظريات التي صاغها الفيزيائيون عن الغازات وغيرها من الأجسام ذات الكتلة، ونظرية ماكسويل عن العمليات الكهرومغناطيسية فيما يسمى بالفضاء الفارغ. وفي حين نرى أن حالة الجسم تحددها أوضاع وسرعات عدد كبير جدًّا- لكنه محدد- من الذرات والإلكترونات، فإننا نستخدم الدوال الفراغية المتصلة لوصف الحالة الكهرومغناطيسية لحيز معين».

وقبل أن يقدم أينشتاين دفاعه عن النظرية الجسيمية للضوء أكد على أن هذا لن يؤدي بالضرورة إلى نبذ النظرية الموجية التي سوف تظل صالحة أيضًا، فقال: «والنظرية الموجية للضوء التي تعتمد على دوال فراغية متصلة قد أبلت بلاء حسنًا في تفسير الظواهر البصرية المحضة، ومن المحتمل ألا تستبدل بها أبدًا نظرية أخرى».

كانت طريقته في التوفيق بين النظرية الموجية والنظرية الجسيمية توحي بطريقة «إرشادية» أن رصدنا للموجات يتضمن متوسطات

إحصائية لمواضع ما يمكن أن يكون جسيمات لا حصر لها، وقال: «علينا أن نتذكر أن المشاهدات البصرية تشير إلى متوسطات زمنية وليس قيما لحظية».

ثم جاءت الجملة التي ربما تكون أكثر الجمل التي كتبها أينشتاين في حياته ثورية، فقد افترض فيها أن الضوء يتكون من جسيمات منفصلة أو حزم من الطاقة، فقال: «وفقًا للفرض الذي ندرسه هنا، فعندما ينتشر شعاع من الضوء من نقطة ما فإن الطاقة لا تتوزع على نحو متصل في فراغ متزايد، بل تتكون من عدد محدد من كمات الطاقة التي تتمركز في مواقع ثابتة في الفراغ، والتي لا يمكن أن تنتج أو تمتص إلا كوحدات كاملة».

درس أينشتاين هذه الفرضية بالتحقق مما إذا كان حجم من إشعاع الجسم الأسود- وهو ما كان يفترض عندئذ أنه يتكون من كمات منفصلة- قد يسلك في الواقع مسلك حجم من الغازات، وهو ما كان يعرف أنه يتكون من جسيمات منفصلة، فنظر أولًا إلى المعادلات التي توضح كيف تتغير إنتروبيا الغاز عندما يتغير حجمه، ثم قارن هذا التغير بتغيير إنتروبيا إشعاع الجسم الأسود عندما يتغير حجمه، ووجد أن إنتروبيا الإشعاع «تتغير تبعًا للحجم وتخضع لنفس القانون الذي يحكم إنتروبيا الغاز المثالي».

وقد أجرى حسابات باستخدام معادلات بولتزمان الإحصائية للإنتروبيا، فجاءت الميكانيكا الإحصائية التي تصف غازًا مخففًا من الجسيمات مماثلة من الناحية الرياضية للميكانيكا الإحصائية لإشعاع الجسم الأسود. وأدى هذا بأينشتاين إلى إعلان أن الإشعاع «يتصرف من منظور الديناميكا الحرارية كما لو كان يتكون من كمات مستقلة من الطاقة»، وقد وفرت معادلات بولتزمان أيضًا طريقة لحساب طاقة «جسيم» ضوئي عند تردد

معين، واتضح أن هذا يتفق مع ما توصل إليه بلانك.

ومضى أينشتاين يوضح كيف يمكن أن يفسر وجود كمات الضوء هذه ما أسماه مجاملًا «العمل الريادي» للينارد عن الأثر الكهروضوئي، فإذا كان الضوءيتكون من كمات منفصلة، فسوف تتحدد حينئذ طاقة كل كم ببساطة بواسطة تردد الضوء مضروبًا في ثابت بلانك. وإذا افترضنا كما اقترح أينشتاين «أن كم الضوء ينقل طاقته الكاملة إلى إلكترون واحد»، فإن ذلك يعني أن ضوءًا ذا تردد أعلى سوف يؤدي إلى انبعاث الإلكترونات بطاقة أكبر، ومن ناحية أخرى فإن زيادة شدة الضوء (وليس التردد) سوف تعني ببساطة انبعاث مزيد من الإلكترونات، لكن طاقة كل منها ستظل ثابته.

كان هذا بالتحديد ما اكتشفه لينارد، وبسبب شيء من التواضع أو التردد إلى جانب رغبته في إظهار أن نتائجه جاءت عن طريق الاستنتاج النظري ولم تكن كلها نتيجة استقراء البيانات التجريبية؛ أعلن أينشتاين في الفرضية الأساسية في بحثه أن الضوء يتكون من كمات دقيقة، وقال: «أرى أن مفهومنا لا يتعارض مع خواص الظاهرة الكهروضوئية التي رصدها السيد لينارد».

وعندما نفخ أينشتاين في جمرات بلانك، حولها إلي نيران. فما الذي توصل إليه أينشتاين تحديدًا ليجعل من بحثه عام 1905 وثبة واسعة- وكم أود أن أقول طفرة- بالنسبة إلى ما قام به بلانك؟

في الواقع كان دور أينشتاين- وفقًا لما ذكره بنفسه في بحث نشر في السنة التالية- هو إدراك المغزى الفيزيائي لاكتشاف بلانك. وكان بلانك الثوري المتردد يرى الكم حيلة رياضية تفسر كيفية انبعاث الطاقة

وامتصاصها عند تفاعلها مع المادة، لكنه لم ير أنه يتعلق بحقيقة فيزيائية متأصلة في طبيعة الضوء والمجال الكهرومغناطيسي ذاته. كتب المؤرخان العلميان جيرالد هولتون وستيفن بروش «يستطيع المرء أن يفسر بحث بلانك عام 1900 على أنه يعني فقط أن فرضية الكم تستخدم كوسيلة رياضية لحساب توزيع إحصائي، وليست فرضية فيزيائية جديدة».

غير أن أينشتاين اعتبر كمات الضوء سمة من سمات الواقع؛ واحدة من غرائب الكون المحيرة والمزعجة والغامضة والمثيرة للجنون أحيانًا، وكان يرى أن هذه الكمات من الطاقة (التي سميت عام 1926 بالفوتونات) موجودة حتى عندما ينتقل الضوء في الفراغ، وكتب: «نرجو أن نوضح أن تحديد السيد بلانك للكمات الأولية مستقل إلى حد ما عن نظريته عن إشعاع الجسم الأسود»، أي أن أينشتاين يقول إن الطبيعة الجسيمية للضوء خاصية للضوء ذاته، وليست مجرد وصف لكيفية تفاعل الضوء مع المادة.

وحتى بعد أن نشر أينشتاين بحثه لم يقبل بلانك وثبته، وبعد سنتين حذر بلانك موظف براءات الاختراع الشاب من أنه قد بالغ كثيرًا، وأن الكمات تفسر عملية تحدث أثناء انبعاث أو امتصاص الإشعاع، لكنها ليست خاصية حقيقية للإشعاع في الفراغ، ونصح قائلًا: «أنا أبحث عن معنى «كم الفعل» (كم الضوء) في الفراغ، ولكن عند موقع الامتصاص والانبعاث».

استمر رفض بلانك للاعتقاد بأن كمات الضوء حقيقة فيزيائية، وبعد ثماني سنوات من نشر بحث أينشتاين، رشحه بلانك لمنصب في الأكاديمية البروسية للعلوم يتمناه الكثيرون، والخطاب الذي كتبه هو ومؤيدون آخرون كان يفيض بالإطراء، غير أن بلانك أضاف: «يجب ألا

يؤخذ عليه أنه ربما يكون قد شط أحيانًا في افتراصاته، كما فعل على سبيل المثال في فرضية كم الضوء».

وقبل وفاته بوقت قليل فكر بلانك مليًا في أنه ظل طويلًا يرفض نتائج اكتشافه، وكتب يقول: «استمرت لسنوات عديدة محاولاتي العقيمة لوضع كم الفعل الأولي بطريقة أو بأخرى في إطار نظرية كلاسيكية، وكلفني ذلك جهدًا كبيرًا، ورأى كثير من زملائي في ذلك شيئًا أقرب إلى المأساة».

والغريب أن كلمات مشابهة سوف تستخدم فيما بعد في وصف أينشتاين، فقد قال عنه بورن إنه يزداد «تحفظًا وتشككًا» بشأن اكتشافات الكم التي مهد الطريق إليها، وأضاف قائلًا: «ويرى كثيرون منا أن هذه مأساة».

أثمرة نظرية أينشتاين قانونًا للظاهرة الكهروضوئية يمكن التحقق منه بالتجربة،ويقول القانون إن طاقة الإلكترونات المنبعثة تتوقف على تردد الضوء وفقًا الصيغة رياضية بسيطة تشمل ثابت بلانك، وثبت فيما بعد أن الصيغة صحيحة، والفيزيائي الذي أجرى التجربة الحاسمة هو روبرت ميليكان الذي أصبح فيما بعد رئيسًاالمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، وسعى إلى ضم أينشتاين إليه.

غير أن ميليكان ظل يرفض النظرية حتى بعد أن أثبت صحة معادلات أينشتاين الكهروضوئية، وقال: «على الرغم من النجاح الكبير الذي لاقته معادلة أينشتاين، فقد وُجِد أن النظرية الفيزيائية التي بُنِيت عليها لتكون تعبيرًا رمزيًا عنها نظرية واهية، حتى إن أينشتاين نفسه- فيما أعتقد- لم يعد مقتنعًا بها».

كان ميليكان مخطئا في قوله إن معادلة أينشتاين للظاهرة الكهروضوئية قد رُفضت، فالواقع أن قانون الظاهرة الكهروضوئية على

وجه الخصوص هو الذي فاز أينشتاين بسببه بجائزة نوبل، ومع ظهور ميكانيكا الكم في عشرينيات القرن العشرين أصبحت حقيقة الفوتون جزءا أساسيًا من الفيزياء.

غير أن ميليكان لم يجانب الصواب في الفكرة العامة، فسوف يكتشف أينشتاين شيئًا فشيئًا أن النتائج الغريبة والمخيفة للكم- والطبيعة المزدوجة للضوء- محيرة إلي حد بعيد. وفي خطاب كتبه قرب وفاته إلى صديقه العزيز ميكيلي بيسو، بعد أن حازت ميكانيكا الكم قبول الغالبية العظمى من الفيزيائيين، كتب أينشتاين يقول: «هذه السنوات الخمسون التي أمضيتها في التفكير والتأمل لم تقربني أكثر من إجابة السؤال: ما كمات الضوء؟»

ظاهرة الحركة البروانية

مايو/ أيار 1905 وتفسير اينشتاين لها

بعد أحد عشر يومًا من انتهائه من بحثه، كتب أينشتاين بحثًا آخر يتناول أدلة وجود الأشياء غير المرئية، واعتمد- كما كان يفعل منذ عام 1901- علي التحليل الإحصائي للسلوكيات العشوائية للجسيمات غير المرئية، ليوضح كيف تظهر في الواقع.

شرح أينشتاين في أثناء ذلك ظاهرة تعرف بالحركة البروانية ظلت تحير العلماء قرابة ثمانين عامًا: لماذا تتأرجح الجسيمات الصغيرة المعلقة في سائل مثل الماء جيئة وذهابًا؟، واستطاع أيضًا إلى حد بعيد أن يثبت بصورة حاسمة أن للذرات والجزيئات وجود ملموس.

سميت الحركة البروانية بهذا الأسم نسبة إلى عالم النبات الاسكتلندي روبرت بروان ROBERT BROWN الذي نشر عام 1828 ملاحظات مفصلة عن الحركة العشوائية لحبيبات اللقاح الدقيقة المعلقة في الماء عند فحصها تحت مجهر قوي. أجريت الدراسة على جسيمات أخرى، منها برادة من تمثال أبي الهول، وقدمت تفسيرات مختلفة. ربما كان للظاهرة علاقة بتيارات الماء الدقيقة أو تأثير الضوء، غير أن أيًا من هذه النظريات لم تبد متفقة مع المنطق.

حاول البعض استخدام النظرية الحركية في تفسير الحركة البروانية، وقد ظهرت النظرية الحركية في سبعينيات القرن التاسع عشر،

واعتمدت على الحركة العشوائية للجزيئات لتفسير أشياء مثل سلوك الغازات، ولكن لما كان حجم الجسيمات المعلقة يبلغ 10000 ضعف حجم جزيئات الماء، فيبدو أن قدرة الجزيء على زحزحة الجسيم لن تزيد على قدرة كرة البيسبول على زحزحة جسم يبلغ قطره نصف ميل.

أوضح أينشتاين أنه على الرغم من أن تصادمًا واحدًا لا يمكن أن يزحزح الجسيم، فإن محصلة ملايين التصادمات العشوائية في الثانية يمكن أن تفسر التأرجح الذي لاحظة براون، وجاء في أولى جمل البحث: «سوف يتضح في هذا البحث أنه وفقًا للنظرية الحركية الجزيئية للحرارة، فإن الأجسام ذات الأجسام المجهرية المعلقة في سائل لابد أن تتحرك- بفعل الحركة الحرارية للجزيئات- تحركات يمكن رؤيتها بسهولة بواسطة المجهر».

ثم قال شيئًا يبدو للوهلة الأولى محيرًا بعض الشيء، إذ قال إن بحثه ليس محاولة لتفسير الحركة البروانية، بل إنه تصرف كما لو كان غير متأكد أيضا من أن الحركات التي استنتجها من نظريته هي نفسها الحركات التي لاحظها براون، وقال: «من الممكن أن تكون الحركات التي نتناولها هنا مطابقة لما يسمى بالحركة الجزيئية البروانية، ولكن البيانات المتاحة لي عن الحركة البراونية بعيدة كل البعد عن الدقة بحيث لا أستطيع أن أكون رأيًا عن المسألة». وبعد ذلك خرج بعمله من إطار تفسير الحركة الروانية البروانية فقال: «لقد اكتشفت أنه، وفقا للنظرية الذرية، لابد أن تكون هناك حركة للجسيمات المجهرية المعلقة يمكن رصدها، دون العلم بأن الأرصاد المتعلقة بالحركة البروانية معروفة منذ وقت طويل».

يبدو اعتراضه على أنه يتناول الحركة البروانية للوهلة الأولى غريبًا، بل ماكرًا، فقد كتب لكونراد هابيكت قبل بضعة أشهر من ذلك يقول: «لقد رصد علماء وظائف الأعضاء هذه الحركة للأجسام المعلقة، وأطلقوا عليها الحركة الجزيئية البروانية». ومع ذلك فإن رؤية أينشتاين كانت حقيقية ومهمة، فلم يبدأ بحثه بالحقائق المرصودة للحركة البروانية، ثم ينطلق إلى تفسيرها، بل كانت تتمة لتحليله الإحصائي السابق عن كيفية ظهور حركات الجزيئات في الواقع.

أي أن أينشتابن كان يرغب في أن يؤكد على أنه أقام نظريته على مبادئ ومسلمات أساسية، وليس على دراسة بيانات فيزيائية (كما أوضح أن بحثه عن كمات الضوء لم يعتمد على بيانات الظاهرة الكهروضوئية التي جمعها فيليب لينارد)، وهو فارق ركز عليه اينشتاين وذلك عندما يؤكد على أن نظرية النسبية لم تكن فقط محاولة لتفسير النتائج التجريبية المتعلقة بالأثير وسرعة الضوء.

وقد أدرك أينشتاين أن اصطدام جزيء ماء واحد بحبة لقاح معلقة لن يؤدي إلى حركة يمكن رصدها، غير أن الجسم يتعرض في أي لحظة معينة لاصطدامات من جميع الجوانب بواسطة (آلاف) الجزيئات، وفي لحظة معينة قد يتعرض جانب معين من الجسيم لعدد أكبر كثيرًا من الصدمات، ثم في لحظة أخرى يتلقي جانب آخر من القصف الأكثر.

وتكون النتيجة تحركات قصيرة عشوائية ينتج عتها ما يسمي بالسير العشوائي، وأفضل طريقة لنتصور هذه الحركة هي أن نتخيل رجلًا مخمورًا يتحرك بدءًا من أحد أعمدة الإنارة، ويمشي مترنحا خطوة واحدة في اتجاه عشوائي كل ثانية، فربما نجده بعد ثانيتين من هذه

الخطوات قد تقدم خطوة ثم تراجع إلى موضعه عند عمود الإنارة، أو ربما يخطو خطوتين بعيدًا في نفس الاتجاه، أو ربما يخطو خطوة تجاه الغرب وأخرى تجاه الشمال الشرقي، ويكشف التمثيل البياني البسيط عن شيء طريف في هذه الحركة العشوائية، وهو أن بُعد هذا المخمور عن عمود الإنارة يتناسب من الناحية الإحصائية تناسبًا طرديًا مع الجذر التربيعي لعدد الثواني التي أمضاها في الحركة.

أدرك أينشتاين أنه ليس من الممكن ولا من الضروري قياس كل نقلة صغيرة في الحركة البروانية، ولا قياس سرعة الجسم في أي لحظة، ولكن كان من السهل نسبيًا قياس الإزاحة الكلية للجسيمات التي تتحرك حركة عشوائية، فهذه المسافات تتسع مع الوقت.

أراد أينشتاين افتراضات حقيقية يمكنه اختبارها، لذا استخدم معرفته النظرية والبيانات التجريبية عن اللزوجة ومعدلات الانتشار للوصول إلى افتراضات دقيقة توضح المسافة التي يجب أن يتحركها الجسم وفقًا لحجمه ودرجة حرارة السائل، فقد افترض درجة حرارة 17 مئوية لكي يصل إلي «متوسط الإزاحة في دقيقة واحدة إلى 6 ميكرون».

كان هنا شيء يمكن اختباره بالفعل وله نتائج عظيمة، وكتب يقول: «إذا كان من الممكن رصد الحركة التي نتناولها هنا، فلا يمكن حينئذ اعتبار الديناميكا الحرارية التقليدية صالحة تمامًا». وأنهى أينشتاين- الذي كان أكثر براعة في وضع النظريات وجد نفسه قريبًا في حل المسألة المعروضة هنا، وهي في غاية الأهمية لنظرية الحرارة».

وفي غضون أشهر استخدم عالم تجريبي ألماني يدعى هنري سايدنتوف Henry Seidentopf مجهرًا قويًا لتأكيد افتراضات

أينشتاين، وكان الوجود المادي للذرات والجزيئات قد ثبت بصورة حاسمة. وفيما بعد قال ماكس بورن عالم الفيزياء النظرية: «في الوقت الذي كان فيه وجود الذرات والجزيئات لا يزال مستبعدًا، جاءت أبحاث أينشتاين فقطعت شوطًا في طريق إقناع الفيزيائيين بحقيقة وجود الذرات والجزيئات».

كان من مزايا بحث أينشتاين أيضًا أنه قدم طريقة أخرى لتحديد عدد أفوجادرو، وقال إبراهام بيس Abraham pais عن بحثه: «إنه يحفل بالأفكار الجديدة، ونتيجته النهائية- أن عدد أفوجادرو يمكن تحديده من مشاهدات باستعمال مجهر عادي- تسبب دائمًا لحظة من الدهشة، حتى لو كان المرء قد قرأ البحث من قبل، ويعرف بالتالي خلاصة الموضوع».

كان من جوانب عبقرية عقل أينشتاين أنه يستطيع أن يتعامل مع أفكار متنوعة في وقت واحد، وحتى عندما كان يتأمل الجسيمات المتراقصة في سائل، كان يعمل ذهنه في نظرية مختلفة تتضمن الأجسام المتحركة وسرعة الضوء، وبعد يوم أو نحو ذلك من إرسال بحثه عن الحركة البروانية، وعندما كان يتحدث مع صديقه ميكيلي بيسو، طرأت له فكرة عبقرية، وسوف تؤدي هذه الفكرة- كما كتب إلى هابيكت في خطابه الشهير في ذلك الشهر- إلى «تعديل نظرية المكان والزمان».

الفصل الخامس

نظرية النسبية الخاصة

يتحدث هذا الفصل عن النظرية النسبية الخاصة لاينشتاين النسبية مفهوم بسيط، فهي تؤكد على أن القوانين الأساسية للفيزياء لا تتغير مهما كانت حالتك من حركة أو سكون.

هذا المفهوم مقبول تمامًا في الحالة الخاصة التي يكون المشاهد فيها متحركًا بسرعة ثابته. تخيل رجلًا يجلس في مقعد في بيته، وامرأة على متن طائرة تنساب بنعومة فوق السحاب، يستطيع كل منهما أن يتناول قدحًا من القهوة، أو يضرب كرة على الأرض، أو يضيء كشافًا، أو يسخن كعكة في فرن ميكروويف. وتنطبق في جميع هذه الحالات نفس قوانين الفيزياء.

والواقع أنه لا توجد طريقة نحدد بها أيهما «في حالة حركة» وأيهما «في حالة سكون»، فالرجل الجالس في مقعده يمكن أن يعتبر نفسه في حالة سكون والطائرة في حالة حركة، والمرأة في الطائرة يمكن أن تعتبر نفسها في حالة سكون والأرض تنساب من تحتها، وليست هناك تجربة تثبت أيهما على صواب.

ليس هناك بالفعل صواب مطلق، وكل ما نستطيع قوله هو أن كلًا منهما يتحرك بالنسبة إلى الآخر، وبالطبع يتحرك كلاهما بسرعة كبيرة

جدًا بالنسبة إلى الكواكب والنجوم والمجرات الأخرى.

ونظرية النسبية الخاصة التي ابتكرها أينشتاين عام 1905 لا تنطبق إلا على هذه الحالة الخاصة (ومن ثم جاء اسمها): موقف يتحرك فيه المشاهدان بسرعة ثابته أحدهما بالنسبة إلى الآخر- في خط مستقيم بسرعة منتظمة- وهو ما يعرف «بنظام التوجيه الذاتي».

ومن الأصعب أن نثبت المبدأ الأشمل، وهو أن الشخص عندما يزيد سرعة سيارته أو ينعطف أو يستدير أو يضغط بقوة على الفرامل أو يتحرك بطريقة عشوائية؛ لا نستطيع أن نصف حركته بأنها حركة مطلقة، لأن القهوة تتحرك في الفنجان، والكرات تتدحرج بعيدًا بصورة مختلفة عما يحدث للناس في قطار أو طائرة أو كوكب إذا كان كل منها ينساب بنعومة. وقد استغرق الأمر لاينشتاين أكثر من عشر سنوات حتى توصل إلى ما أسماه نظرية عامة للنسبية، وهي النظرية التي وضعت الحركة المتسارعة في إطار نظرية الجاذبية وحاولت تطبيق مفهوم النسبية عليها.

بدأت قصة النسبية في عام 1632 عندما صاغ جاليليو المبدأ الذي ينص على أن قوانين الحركة والميكانيكا (لم تكن قوانين الكهرومغناطيسية قد اكتشفت بعد) متماثلة في جميع أنظمة الإحداثيات ذات السرعة الثابتة، وفي كتابه أراد جاليليو أن يدافع عن فكرة كوبرنيكوس بأن الأرض ليست المحور الثابت للكون الذي تدور حوله بقية الأجرام، وجادل المتشككون بأن الأرض لو كانت تدور كما يقول كوبرنيكوس لشعرنا بدورانها، وفند جاليليو هذا الرأي بتجربة فكرية واضحة وعبقرية عن المكوث داخل حجرة في سفينة تبحر بنعومة، وقال:

أغلق على نفسك الباب مع بعض الأصدقاء داخل الكابينة الرئيسية تحت سطح إحدى السفن الكبيرة، وخذ معك بعض الذباب والفراش والحيوانات الطائرة الصغيرة، وخذ وعاء كبيرًا مملوءًا بالماء وبه بعض الأسماك، وعلق زجاجة يسقط منها الماء قطرة قطرة في وعاء كبير تحتها. وعندما تكون السفينة ساكنة تمامًا، راقب بعناية كيف تطير الحشرات الصغيرة بسرعة ثابتة في جميع جوانب الكابينة، ويسبح السمك في جميع الاتجاهات على السواء، وتسقط قطرات الماء في الوعاء أسفلها، وكيف عندما تلقي بشيء إلى صديقك لا تحتاج لأن تلقيه بقوة أكبر في أحد الاتجاهات عن الاتجاه الآخر، لأن المسافات متساوية، وعندما تقفز بقدميك معًا، فأنت تقطع مساحات متساوية في كل اتجاه. وعندما تلاحظ كل هذه الأشياء بعناية، أبحر بالسفينة بأية سرعة تحبها شريطة أن تكون الحركة منتظمة وليست متذبذبة في هذا الاتجاه أو ذاك، ولن ترى أي تغيير على الإطلاق في كل التأثيرات التي ذكرناها، ولن نستطيع أن تحدد باستخدام أي منها ما إذا كانت السفينة تتحرك أم ساكنة.

ليس هناك وصف أفضل للنسبية، أو على الأقل لكيفية تطبيق هذا المبدأ على نظامين يتحركان بسرعة ثابتة أحدهما بالنسبة إلى الآخر.

من السهل أن تجري محادثة داخل سفينة جاليليو، لأن الهواء الذي يحمل موجات الصوت ينتقل مع الأشخاص الموجودين في الغرفة، وبالمثل، لو ألقى أحد المسافرين في سفينة جاليليو بحصاة في وعاء الماء، لأحدثت نفس الموجات التي كانت ستحدثها لو كان الوعاء مستقرًا على الشاطئ؛ وذلك لأن الماء ينشر الموجات يتحرك بنعومة مع الوعاء،

وبقية الأشياء في الغرفة.

يمكن أن تفسر الميكانيكا الكلاسيكية بسهولة موجات الصوت وموجات الماء، فهي ببساطة اضْطراب ينتقل في وسط ما، ولهذا لا ينتقل الصوت في الفراغ، لكنه يمكن أن ينتقل في أوساط مثل الهواء أو الماء أو المعادن، وعلى سبيل المثال تنتقل موجات الصوت خلال الهواء في درجة حرارة الغرفة بسرعة 770 ميلًا في الساعة في صورة اضطراب متذبذب يضغط الهواء ويخلخله.

وفي أعماق سفينة جاليليو لا يتغير سلوك موجات الصوت والماء عن سلوكها على البر، لأن الهواء في الغرفة والماء في الأوعية يتحركان بنفس السرعة التي يتحرك بها المسافرون، ولكن تخيل الآن أنك تصعد فوق سطح السفينة وتنظر إلى الموجات في المحيط، أو أنك تقيس سرعة موجات الصوت الصادرة من بوق قارب آخر، فالسرعة التي تتحرك بها هذه الموجات تجاهك تعتمد على حركتك بالنسبة إلى الوسط (الماء أو الهواء) الذي يحملنا.

أي أن السرعة التي تصل بها إليك موجات المحيط تعتمد على سرعة حركتك خلال الماء تجاه مصدر الموجة أو بعيدًا عنه، وبالمثل تعتمد سرعة موجات الصوت بالنسبة إليك على حركتك بالنسبة إلى الهواء الذي يحمل موجات الصوت.

تبدو هذه السرعات النسبية منطقية؛ تخيل أنك تقف في المحيط والأمواج تتحرك نحوك بسرعة 10 أميال في الساعة، فإذا ركبت دراجة مائية واندفعت مباشرة في اتجاه الأمواج بسرعة 40 ميلًا في الساعة، فسوف تراها تتحرك تجاهك وتتجاوزك بسرعة 50 ميلًا في الساعة

(بالنسبة إليك). تخيل بالمثل أن موجات الصوت تأتي تجاهك من بوق قارب بعيد، وتنتقل خلال الهواء الساكن بسرعة 770 ميلًا في الساعة تجاه الشاطئ، فإذا ركبت دراجتك المائية وتوجهت نحو البوق بسرعة 40 ميلًا في الساعة، فسوف تتحرك موجات الصوت نحوك وتتجاوزك بسرعة 810 ميلًا في الساعة (بالنسبة إليك).

وقد أدى كل هذا إلى سؤال كان يشغل ذهن أينشتاين وهو في السادسة عشرة، عندما تخيل نفسه ينطلق بمحاذاة حزمة ضوئية: هل يتغير مسلك الضوء؟

تصور نيوتن الضوء على أنه في الأساس تيار من الجسيمات المنبعثة، ولكن في عصر أينشتاين كان معظم العلماء يقبلون النظرية المنافسة التي اقترحها كريستيان هويجينز الذي كان معاصرًا لنيوتن، والقائلة بأن الضوء يجب اعتباره موجة.

وفي أواخر القرن التاسع عشر أكد عدد كبير من التجارب على النظرية الموجية، وقد أجرى توماس يونج- على سبيل المثال- تجربة شهيرة يعيدها اليوم طلبة المدارس الثانوية، وتوضح كيف يحدث الضوء المار خلال شقين نمط تداخل يشبه نمط تداخل موجات الماء المار خلال شقين، وفي كلتا الحالتين تتراكب قمم وقيعان الموجات النابعة من كلا الشقين تراكبًا بناءً في بعض الأماكن وتراكبًا هدامًا في أماكن أخرى.

وقد ساعد جيمس كلارك ماكسويل على إضفاء أهمية على النظرية الموجية عندما افترض وجود علاقة بين الضوء والكهربية والمغناطيسية، فقد توصل إلى معادلات تصف سلوك المجالات الكهربية والمغناطيسية، وكان الجمع بينهما إيذانًا بالموجات الكهرومغناطيسية اكتشف ماكسويل

أن هذه الموجات الكهرومغناطيسية لابد أن تنتقل بسرعة معينة هي 186000 ميل في الثانية تقريبًا، وكانت هذه هي سرعة الضوء التي قاسها العلماء بالفعل، وكان من الواضح أنها ليست مجرد مصادفة.

وقد أصبح واضحًا أن الضوء هو التمثيل المرئي لطيف كامل من الموجات الكهرومغاطيسية، ويشمل هذا النطاق ما نطلق عليه حاليًا موجات الراديو AM (ويبلغ طولها الموجي 300 ياردة) وموجات الراديو FM (ثلاث يارادات) والميكروويف (ثلاث بوصات)، وعندما تقصر الأطوال الموجية (ويزداد بذلك تردد الموجات) فإنها تنتج طيف الضوء المرئي الذي يتراوح بين الأحمر (25 من المليون من البوصة) إلى البنفسج (14 من المليون من البوصة)، والأطوال الموجية الأكثر قصرًا تنتج الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما، وعندما نتحدث عن «الضوء» وعن (سرعة الضوء» فإننا نقصد جميع الموجات الكهرومغناطيسية، وليس فقط الموجات التي نراها بأعيننا.

أثار ذلك بعض الأسئلة المهمة مثل: ما الوسط الذي تنتشر فيه هذه الموجات؟ وإلى أي شيء تنسب سرعتها التي تبلغ 186000 ميل في الثانية؟

كانت الإجابة فيما يبدو أن موجات الضوء هي اضطراب في وسط غير مرئي أطلق عليه اسم الأثير، وأن سرعتها تحسب بالنسبة إلى ذلك الأثير، أي أن الأثير كان لموجات الضوء كالهواء لموجات الصوت. وقال أينشتاين فيما بعد: «اتضح بما لا يدع مجالًا للشك أن الضوء يجب أن يفسر على أنه عملية تذبذب في وسط مرن خامل يملأ فراغ الكون».

كان هذا الأثير للأسف يحتاج إلى كثير من الخصائص المحيرة، فلما كان الضوء القادم من النجوم السحيقة يستطيع الوصول إلى الأرض،

كان لابد أن يكون الأثير منتشرًا في كل أرجاء الكون، وكان لابد أن يكون كخيوط العنكبوت- أو أثيري إن جاز القول- بيحث لا يؤثر على الكواكب والأجرام الذي يسبح خلالها، ومع ذلك فقد كان يجب أن يكون صلبًا بدرجة كافية بحيث يسمح للموجة بأن تتذبذب خلاله بسرعة هائلة.

أدى كل هذا إلى البحث الشهير عن الأثير في أواخر القرن التاسع عشر. لو كان الضوء بالفعل موجة تنتقل خلال الأثير، لرأيت الموجات تمر بجوارك بسرعة أكبر إذا كنت تتحرك عبر لأثير باتجاه مصدر الضوء، وقد ابتكرت العلماء كل أنواع الأجهزة والتجارب العبقرية لاكتشاف هذا الفارق في السرعة.

فقد استخدموا فرضيات مختلفة عن سلوك الأثير، وبحثوا عنه كما لو كان ساكنًا والأرض تتحرك خلاله بسهولة، وبحثوا عنه كما لو كانت الأرض قد سحبت أجزاء منه في دورانها كما تسحب أجزاء من غلافها الجوي، بل درسوا أيضًا احتمالًا مستبعدًا بأن الأرض هي الشيء الوحيد الساكن بالنسبة للأثير، وإن كل ما في الكون يدور حولها، بما في ذلك الكواكب والشمس والنجوم، وحتى كوبرنيكوس المسكين الراقد في قبره.

إحدي التجارب التي وصفها أينشتاين فيما بعد بأنها «ذات أهمية جوهرية في نظرية النسبية الخاصة» أجراها عالم الفيزياء الفرنسي هيبوليت فيزو الذي حاول قياس سرعة الضوء في وسط متحرك، فقد شطر شعاع الضوء بواسطة مرآة نصف شفافة تسمح بنفاذ جزء من شعاع الضوء خلال الماء في اتجاه جريانه وتعكس الجزء الآخر ضد اتجاه جريان الماء، وبعد ذلك يتحد جزءا الشعاع من جديد، فإذا أخذ أحد المسارين مسافة أطول فإن قمم وقيعان موجاته لن تنطبق على موجات الشعاع الآخر، ويستطيع القائمون بالتجربة إدراك ذلك بالنظر

إلى نمط التداخل الذي ينتج عندما تتحد الموجتان.

وقد أجرت ألبرت مايكلسون وإدوارد مورلي تجربة أخرى أكثر شهرة إلى حد بعيد في كليفلاند عام 1887، فقد صنعا آلة غريبة تشطر أيضًا شعاع الضوء وترسل أحد الجزأين جيئة وذهابًا إلى مرآة في نهاية ذراع عمودي على اتجاه دوران الأرض، ثم يتحد جزءا الشعاع مرة أخرى ويجري تحليل نمط التداخل لنرى ما إذا كان المسار المتجه ضد رياح الأثير المفترضة سوف يستغرق وقتًا أطول.

لم يستطع أحد أن يكتشف الأثير، على كثرة الباحثين وتنوع مناهجهم في البحث وتعدد الفرضيات التي وضعوها حول سلوك الأثير، فقد لوحظ أن سرعة الضوء ثابتة لا تتغير مهما تغير اتجاه حركة الأشياء.

لذا تحول اهتمام العلماء إلى التوصل إلى تفسير إخفاق التجارب في اكتشاف الأثير على الرغم من وجوده، وقد ظهر أبرز هذه التفسيرات في أوائل تسعينيات القرن التاسع عشر عندما توصل هندريك لورنتز الفيزيائي الهولندي الذي يعد أحد رموز الفيزياء النظرية- والفيزيائي الأيرلندي جورج فتزجيرالد- كل منهما على حده- إلى فرضية بأن الأجسام الصلبة تتكمش قليلًا عندما تتحرك خلال الأثير. ويؤثر انكماش لورنتز- فيتزجيرالد على كل شيء، بما في ذلك أذرع القياس التي استخدمها مايكلسون ومورلي، ويكون هذا التأثير متساويًا تمامًا على كل الأشياء بحيث يجعل تأثير الأثير على الضوء غير ملحوظ.

شعر أينشتاين بأن الموقف «كان محبطًا للغاية»، فقد وجد العلماء أنفسهم عاجزين عن تفسير الكهرومغناطيسية باستخدام «النظرة الآلية النيوتينية للطبيعة» على حد قوله، «وأدى هذا إلى ازدواجية أساسية لا يمكن تفسيرها على المدى البعيد».

طريق أينشتاين إلى النسبية

قال أينشتاين ذات مرة: «تأتي أية فكرة جديدة فجأة وبصورة بديهية نوعًا ما»، ثم أسرع فأضاف: «وما المعرفة البديهية إلا نتاج تجربة فكرية مبكرة».

وكان اكتشاف أينشتاين للنسبية الخاصة ينطوي على معرفة بديهية اكتسبها خلال عقد من التجارب الفكرية والتجارب الشخصية. وأعتقد أن أهمها وأكثرها وضوحًا فهمه العميق ومعرفته بالفيزياء النظرية، وساعدته أيضًا قدرته على تخيل التجارب الفكرية التي شجعه عليها تعليمه في آرو. وذلك فصلًا عن إلمامه بأساسيات الفلسفة؛ فقد أخر من هيون وماخ نزعة إلى الشك لم تكن ظاهرة، وعزز هذه النزعة ميلة الفطري للتمرد على السلطة.

كانت خلفيته التكنولوجية أيضًا جزءًا من مزيج شخصيته، وربما تكون قد شحذت قدرته على تصور الحالات الفيزيائية والوصول إلى صميم المفاهيم، وكانت العوامل التي كونت لديه الخلفية التكنولوجية: مساعدة عمه ياكوب في إدخال تحسينات على الملفات والمغناطيسات في مولد الكهرباء، والعمل في مكتب براءات الاختراع الذي كانت تنهال عليه طلبات تسجيل براءات اختراع لطرق جديدة لتوحيد زمن الساعات، ووجود رئيس في العمل شجعه على إظهار شكوكيته، وإقامته بالقرب من برج الساعة ومحطة القطار وفوق مكتب التلغراف في برن في وقت كانت أوروبا فيه قد بدأت لتوها استخدام الإشارات الكهربية في توحيد زمن الساعات في المناطق الزمنية، ووجود مرآة لأفكاره تتمثل في صديقه

المهندس (ميكيلي بيسو) الذي عمل معه في مكتب براءات الاختراع فاحصًا للأجهزة الميكانيكية الكهربية.

وبالطبع فإن ترتيب هذه العوامل هو حكم شخصي، فحتى أينشتاين نفسه لا يمكن أن يعرف يقينًا كيف تطورت العملية، وقد قال: «ليس من السهل أن أتحدث عن كيفية توصلي إلى نظرية النسبية، فقد تضافرت عوامل كثيرة معقدة على حفز تفكيري».

أحد الأشياء التي نستطيع أن نشير إليها بشيء من اليقين هو نقطة البداية الرئيسية لأينشتاين، فقد قال مرارًا إن طريقة نحو نظرية النسبية بدأ بتجربة فكرية وهو في السادسة عشرة من عمره، إذ حاول أن يتخيل ما سيحدث لو أن المرء انطلق بسرعة الضوء بمحاذاة أشعة الضوء، وقال إن هذه التجربة أدت إلى « تناقض» ظل يؤرقه طيلة السنوات العشر التالية:

إذا لاحقتُ شعاعًا من الضوء بسرعة (وهي سرعة الضوء في الفراغ)، فسوف أرى لذلك الشعاع الضوئي مجالًا كهرومغناطيسيًا ساكنًا، مع أنه يتذبذب في الفضاء، ومع ذلك لم يبد أن هناك وجودًا لشيء كهذا، سواء بالاعتماد على التجارب السابقة، أو بتطبيق معادلات ماكسويل. ومن البداية بدا لي بديهيًا أن كل شيء سيحدث- من وجهة نظر ذلك الراصد- وفقًا لنفس القوانين التي يتبعها إذا كان الراصد في حالة سكون بالنسبة إلى الأرض، إذ كيف سيعرف الراصد الأول أو يستطيع أن يحدد أنه يتحرك حركة منتظمة سريعة؟ يرى المرء في هذه المفارقة بذرة نظرية النسبية الخاصة.

ولم تؤد هذه التجربة الفكرية بالضرورة إلى تقويض نظرية الأثير لموجات الضوء، فيستطيع واضع نظرية الأثير أن يتخيل حزمة ضوئية

متجمدة، لكنها انتهكت ما كان يعتقده أينشتاين من أن قوانين الضوء لابد أن تخضع لمبدأ النسبية، أي أن معادلات ماكسويل التي تحدد سرعة الضوء يجب أن تكون متماثلة بالنسبة إلى جميع الراصدين المتحركين بسرعة ثابتة. ويوضح تركيز أينشتاين على هذه الذكرى أن فكرة حزمة الضوء المتجمدة- أو الموجات الكهرومغناطيسية المتجمدة- كانت تبدو في نظِره خطأ بديهيًا.

توحي التجربة الفكرية بالإضافة إلى ذلك بأن استشعر تعارضًا ما بين قوانين الميكانيكا لنيوتن وثبات سرعة الضوء في معادلات ماكسويل، وغرس كل هذا في داخله «حالة من التوتر النفسي» وجد أنها تثير أعصابه بشدة، وقال فيما بعد: «في البداية عندما بدأت تتشكل في ذهني نظرية النسبية الخاصة، كنت نهبًا لكل أنواع الصراعات العصبية، وعندما كنت شابا كنت أمضي أسابيع في حالة من الاضطراب».

كانت هناك أيضًا «تعارض» أكثر تحديدًا قد بدأ يثير انزعاجه، فعندما يتحرك المغناطيس بالنسبة لملف يتولد تيار كهربي، وعرف أينشتاين من خبرته مع المولدات الكهربية التي كان يتعامل معها والده أن شدة هذا التيار لا تتغير سواء أكان المغناطيس

هو الذي يتحرك والملف ثابت، أم كان الملف هو الذي يتحرك والمغناطيس ثابت. وقد درس أيضًا عام 1894 كتابًا لأوجست فوبل وكان به فضل مخصص عن «الديناميكا الكهربية للموصلات المتحركة» يبحث في مسألة هل هناك أي اختلاف- عندما يحدث الحث- إن كان المغناطيس أو ملف التوصيل في حالة حركة.

يقول أينشتاين: «وفقًا لنظرية ماكسويل ولورنتز، فإن التفسير

النظري للظاهرة مختلف تمامًا في الحالتين»، ففي الحالة الأولى يقول قانون فارادي للحث إن حركة المغناطيس خلال الأثير قد أحدثت مجالًا كهربيًا، وفي الحالة الثانية يقول قانون لورنتز إن تيارًا قد نشأ من حركة ملف التوصيل خلال المجال المغناطيسي» وقال أينشتاين: «إن فكرة الاختلاق المفترض بين هاتين الحالتين كانت تثير ثائرتي».

ظل أينشتاين لسنوات يحاول استيعاب مفهوم الأثير، الذي يحدد نظريًا المقصود بـ «حالة سكون» في نظريات الحث الكهربي، وعندما كان طالبًا بمعهد زيورخ الفني عام 1899، كتب إلى ميليفا ماريتش: «إن إدخال مصطلح الأثير في نظريات الكهربية قد أدى إلى تصور وسط يمكن وصف حركته دون أن نستطيع أن ننسب إليه مدلولًا فيزيائيًا». ومع ذلك فقد كان في ذلك الشهر نفسه يقضي العطلة في آرو محاولًا مع أحد العلمين في مدرسته القديمة التوصل إلى طرق لاكتشاف الأثير، وقال لماريتش: «كانت لدى فكرة جديدة لدراسة الطريقة التي تؤثر بها حركة الحسم بالنسبة للأثير على سرعة انتشار الضوء».

أخبر الأستاذ فيبر أينشتاين بأن طريقته لم تكن عملية، فقرأ أينشتاين حينئذ بحثًا لفيلهلم فين وصف النتائج غير الدقيقة لثلاث عشرة تجربة لاكتشاف الأثير، بما في ذلك تجارب مايكلسون ومورلي وفيزو. وكان أينشتاين قد قرأ عن تجربة مايكلسون ومورلي قبل عام 1905 في كتاب لورنتز الذي صدر عام 1895 وفي هذا الكتاب يعرض لورنتز العديد من المحاولات الفاشلة لاكتشاف الأثير كمقدمة لنظرية الانكماش.

«الاستقراء والاستنتاج في الفيزياء»

إذن ماذا كان تأثير نتائج مايكلسون ومورلي– التي لم تبرهن على

وجود الأثير، ولم تظهر اختلافًا في السرعة المرصودة للضوء مهما كان الاتجاه الذي يتحرك فيه الراصد- على أينشتاين عندما كانت أفكاره عن النسبية في طور التكوين؟ إنه يقول إنها لم تحدث فيه أثرًا يذكر على الإطلاق، بل إنه كان يذكر أحيانًا (خطأ) أنه لم يكن يعرف التجربة قبل عام 1905، وتفيدنا تصريحات أينشتاين المتناقضة طوال خمسين عامًا عن تأثير مايكلسون ومورلي في أنها تنبهنا إلى الحرص المطلوب عند كتابة التاريخ بناء على ذكريات خافتة.

تبدأ سلسلة تصريحات أينشتاين المتناقضة بخطبة ألقاها في كيوتو باليابان عام 1922، عندما أشار إلى أن فشل (مايكلسون) في اكتشاف الأثير كان «أول الطريق الذي قادني إلى ما نسميه مبدأ النسبية الخاصة». وفي نخب على العشاء عام 1931 في باسادينا على شرف مايكلسون، كان أينشتاين لطيفًا مع العالم التجريبي المرموق، غير أنه كان متحفظًا، وقال: «لقد كشفت عن خلل خطير في نظرية انتقال الضوء عبر الأثير، كما كانت معروفة حينئذ، وحفزت أفكار لورنتز وفيتزجيرالد التي خرجت منها نظرية النسبية الخاصة».

وصف أينشتاين طريقة تفكيره في سلسلة من الأحاديث مع رائد علم سيكولوجيا الجستالت ماكس فيرتهايمر الذي وصف نتائج مايكلسون ومورلي فيما بعد بأنها «في غاية الأهمية» لتفكير أينشتاين، لكن الأرجح- كما أوضح أرثر أي ميلر- أن هذا التصريح كان الباعث عليه رغبة فيرتهايمر في استخدام قصة أينشتاين كوسيلة لتوضيح مبادئ سيكولوجيا الجشتالت.

وقد زاد أينشتاين من الغموض المحيط بالموضوع في السنوات

القليلة الأخيرة من حياته عندما ألقى سلسلة من التصريحات عن الموضوع لفيزيائي يدعى روبرت شانكلاند فقد قال في البداية إنه لم يقرأ عن تجربة مايكلسون ومورلي إلا بعد عام 1905، ثم قال إنه قرأ عنها في كتاب لورنتز قبل عام 1905، وأضاف في النهاية: «أظن أنني سلمت بصحة الأمر».

وهذه النقطة الأخيرة هي أهم النقاط لأن أينشتاين أعادها كثيرًا، فقد افترض ببساطة- في الوقت الذي بدأ فيه العمل بجدية في النسبية- أنه ليست هناك حاجة لمراجعة جميع تجارب حركة الأثير، لأن جميع المحاولات لاكتشاف الأثير مألها إلى الفشل، وفقًا للفرضيات التي بدأ بها. وكانت أهمية هذه النتائج التجريبية في نظره هي تعزيز ما كان يؤمن به بالفعل، وهو أن مبدأ النسبية لجاليليو ينطبق على موجات الضوء.

ربما كان هذا مبررًا للاهتمام المحدود الذي أولاه للتجارب في بحثه عام 1905، فلم يشر على الإطلاق إلى تجربة مايكلسون ومورلي بالاسم- حتى في مواضع كانت ستبدو فيها وثيقة الصلة بالموضوع- ولا عن تجربة فيزو باستخدام ماء متحرك، وبدلًا من ذلك نوه في عبارة قصيرة عن «المحاولات الفاشلة لاكتشاف حركة الأرض بالنسبة لوسط الضوء» مباشرة بعد مناقشة نسبية حركات المغناطيس والملف.

وتعتمد بعض النظريات العلمية أساسًا على الاستقراء، وهو تحليل الكثير من نتائج التجارب، ثم الخروج بنظريات تفسر الأنماط القائمة على التجربة، ويعتمد بعضها الآخر بدرجة أكبر على الاستنتاج، وهو الانطلاق من مبادئ ومسلمات محكمة نؤمن بها كالمقدسات، ثم استخلاص النتائج منها، ويستخدم جميع العلماء مزيجًا من كلتا

الطريقتين بدرجات متفاوتة. وكان أينشتاين يملك موهبة جديدة في قراءة نتائج التجارب، وكان يستخدم هذه المعرفة في إيجاد نقاط معينة يستطيع أن يقيم عليها نظرية.

لكن اهتمامه كان ينصب أساسًا على الطريقة الاستنتاجية.

تذكر في بحثه عن الحركة البروانية كيف قلل بطريقة غريبة- ولكن بدقة- من قيمة الدور آلذي لعبته النتائج التجريبية فيما كان في الأساس استنتاجًا نظريًا؟ كان هناك موقف مشابه مع نظرية النسبية، فما كان يعينه ضمنًا بشأن الحركة البروانية قاله صراحة عن النسبية وتجربة مايكلسون ومورلي: «لقد كنت مقتنعًا تمامًا بصحة المبدأ قبل أن أعرف شيئًا عن التجربة ونتائجها».

والواقع أن أبحاثه الثلاثة الكبرى عام 1905 تبدأ كلها بالتأكيد على نيته اتباع منهج استنتاجي، فقد استهل كل بحث منها بالإشارة إلى بعض التناقضات التي يسببها تعارض النظريات بدلًا من غموض بعض البيانات التجريبية، منهج استنتاجي، فقد استهل كل بحث منها بالإشارة إلى بعض التناقضات التي يسببها تعارض النظريات بدلًا من غموض بعض البيانات التجريبية، ويطرح بعد ذلك مبادئ كبرى، في حين يقلل من الدور الذي تقوم به البيانات، سواء أكانت عن الحركة البروانية أو إشعاع الجسم الأسود أو سرعة الضوء.

وفي مقالة نشرت عام 1919 بعنوان «الاستقراء والاستنتاج في الفيزياء»، وصف ميله لمنهج الاستنتاج:

أبسط الصور التي يستطيع المرء أن يكوِّنها عن إنشاء علم تجريبي هي اتباع المنهج الاستقرائي، إذ يجري اختيار حقائق فردية ثم تصنيفها

في مجموعات بحيث تصبح القوانين التي تربط بينها واضحة... غير أن هذا المنهج لم يسهم إلا بقدر ضئيل في الطفرات الكبرى في العلم... أما الطفرات الكبرى حقًا في فهمنا للطبيعة فيرجع الفضل فيها إلى منهج يكاد يكون منافيًا تمامًا لمنهج الاستقراء. والإدراك البديهي لأساسيات مجموعة كبيرة من الحقائق المتصلة يقود العالم إلى افتراض قانون أو قوانين أساسية، ويستخلص من هذه القوانين نتائجه.

وسوف يزداد إعجابه بهذا المنهج، ويصرح قرب نهاية أجله بأنه: «كلما صار فهمنا أكثر عمقًا، وكلما اصبحت نظرياتنا أكثر شمولًا، قل احتياجنا إلى المعرفة التجريبية لإثبات تلك النظريات».

ومع بداية عام 1905 كان أينشتاين قد بدأ يولي اهتمامًا خاصًا للاستنتاج فضلًا عن الاستقراء في محاولته لتفسير الديناميكا الكهربية، وقال في وقت لاحق: «سرعان ما تملكني اليأس من إمكانية اكتشاف القوانين الحقيقية عن طريق جهود إيجابية قائمة على حقائق أثبتتها التجارب، كلما واصلت المحاولات اليائسة، توصلت إلى قناعة بأن اكتشاف مبدأ أساسي شامل هو وحده الذي يمكن أن يقودنا إلى نتائج مطمئنة».

الآن وقد قرر أينشتاين العمل في نظريته من الكليات إلى الجزئيات باستنباطها من مسلمات أساسية، كان عليه أن يتخذ قرارًا: ما المسلمات- ما الفرضيات الأساسية للمبدأ العام- التي سينطلق منها؟

كانت مسلمته الأولى هي مبدأ النسبية الذي يؤكد على أن كل القوانين الأساسية في الفيزياء، بما فيها معادلات ماكسويل التي تحكم الموجات الكهرومغناطيسية، ثابتة بالنسبة لجميع الراصدين المتحركين بسرعة نسبية ثابته، وبصيغة أكثر دقة نقول إنها ثابتة في جميع أنظمة القياس

الذاتية؛ ثابتة بالنسبة لشخص في حالة سكون بالنسبة للأرض كما هي ثابتة بالنسبة لشخص يتحرك بسرعة منتظمة في قطار أو مركبة فضائية، وقد زاد إيمانه بهذه الفرضية بدءًا من تجربته الفكرية عن الانطلاق بمحاذاة شعاع ضوئي، وقال: «من البداية بدا لي بديهيًا أن كل شيء سيحدث- من وجهة نظر ذلك الراصد- وفقًا لنفس القوانين التي يتبعها إذا كان الراصد في حالة سكون بالنسبة إلى الأرض». أما المسلمة الثانية التي تتضمن سرعة الضوء فقد كان لدى أينشتاين خياران على الأقل:

يمكنه الأخذ بنظرية انبعاث يندفع فيها الضوء من مصدره كما تندفع فيها الضوء من مصدره كما تندفع الجسيمات من بندقية، ولن تكون هناك حاجة للأثير، فجسيمات الضوء يمكن أن تنتقل في الفراغ، وتكون سرعتها منسوبة إلى مصدر انبعاثها، فإذا كان هذا المصدر يندفع في اتجاهك فسوف تصلك انبعاثاته بسرعة أكبر مما لو كان يتجه بعيدًا عنك، (تخيل راميًا يستطيع أن يقذف كرة بسرعة 100 ميل في الساعة؛ فإذا قذفها تجاهك من سيارة تندفع في اتجاهك فسوف تصل إليك بسرعة أكبر مما لو قذفها من سيارة تتجه بعيدًا عنك)، وبمعنى آخر، ينبعث الضوء من النجم بسرعة 186000 ميل في الثانية، ولكن لو كان النجم يتجه نحو الأرض بسرعة 10000 ميل في الثانية، فإن سرعة ضوئه سوف تكون 196000 ميل في الثانية بالنسبة لراصد يقف على الأرض.

الخيار الآخر هو افتراض أن سرعة الضوء ثابتة (186000 ميل في الثانية) بصرف النظر عن حركة المصدر المنبعثة منه، وهي فرضية كانت أكثر توافقًا مع النظرية الموجية. وقياسًا على موجات الصوت،

فإن صوت صفارة إنذار سيارة المطافئ لا يصلك عندما تكون السيارة مندفعة نحوك بسرعة أكبر مما لو كانت ساكنة، فسرعة الصوت خلال الهواء في الحالتين هي 770 ميلًا في الساعة.

درس أينشتاين مسار نظرية الانبعاث فترة من الزمن، وكانت هذه الطريقة تروق بصورة خاصة لمن يعتقدون أن الضوء يسلك مسلك تيار من الكمات، وقد ذكرنا في الفصل السابق أن مفهوم كمات الضوء هذا هو ما طرحه أينشتاين بالتحديد في مارس/ آذار 1905 عندما كان يحاول استيعاب نظريته النسبية.

غير أن هذا المنهج كانت به بعض المشكلات، فقد كان يبدو أنه يقتضي التخلي عن معادلات ماكسويل والنظرية الموجية، فلو كانت سرعة موجة ضوء تعتمد على سرعة المصدر الذي تنبعث منه، فلا بد أن تحمل موجة الضوء هذه المعلومة بطريقة أو بأخرى. لكن التجارب ومعادلات ماكسويل بينت أن الأمر ليس كذلك.

حاول أينشتاين أن يجد وسائل لتعديل معادلات (ماكسويل) بحيث تتفق مع نظرية الانبعاث، لكن بحثه لم يفض إلى نتيجة، وقال فيما بعد: «تتطلب هذه النظرية إمكانية وجود موجات ذات سرعات متباينة في كل مكان وفي جميع الاتجاهات، وقد يكون من المستحيلا وضع نظرية كهرومغناطيسية معقولة تحقق هذا المطلب».

بالإضافة إلى ذلك لم يستطع العلماء العثور على أدلة تثبت أن سرعة الضوء تتوقف على سرعة مصدره؛ إذ يبدو أن الضوء القادم من جميع النجوم يصل بالسرعة نفسها.

وعندما أمعن أينشتاين النظر في نظرية الانبعاث وجد مزيدًا من

المشكلات، وقد شرح لصديقه بول إيرنفيست فيما بعد أنه كان من الصعب تصور ما سيحدث عندما ينعكس ضوء من مصدر «متحرك» أو ينكسر بواسطة حائل ثابت، فضلًا عن أنه في أية نظرية انبعاث قد يرتد الضوء القادم من مصدر متسارع على نفسه.

لذا رفض أينشتاين نظرية الانبعاث، وفضل أن يفترض أن سرعة الضوء ثابتة بصرف النظر عن السرعة التي يتحرك بها مصدره، وقال لإيرنفيست: «لقد وصلت إلى قناعة بأن الضوء يحدده عاملان فقط: التردد والشدة، سواء أكان مصدر الضوء ثابتًا أم متحركًا».

كان لدى أينشتاين فرضيتان: « مبدأ النسبية»، والمبدأ الجديد الذي أطلق عليه اسم «فرضية الضوء»، وقد وضع له تعريفًا دقيقًا: «ينتقل الضوء دائما في الفراغ بسرعة محددة لا تتوقف على حالة مصدر الضوء من حركة أو سكون»، فعندما نقيس على سبيل المثال سرعة الضوء القادم من المصباح الأمامي لقطار، فسوف تكون دائما ثابتة وهي 186000 ميل في الثانية، حتى لو كان القطار مندفعًا نحوك أو مبتعدًا عنك.

كانت فرضية الضوء هذه تبدو لسوء الحظ غير متوافقة مع مبدأ النسبية، لماذا؟ استخدم أينشتاين فيما بعد التجربة الفكرية الآتية لتفسير معضلته الواضحة هي:

تخيل أن «شعاعًا من الضوء قد أرسل بمحاذاة رصيف» محطة قطار، فالرجل الواقف رصيف فوق رصيف المحطة سوف يقيس سرعته على أنها 186000 ميل في الثانية، ولكن تخيل الآن سيدة تستقل قطارًا سريعًا جدًا يندفع بها مبتعدًا عن مصدر الضوء بسرعة 2000 ميل في الثانية، فسوف نفترض أنها سترى الضوء يمر بسرعة 184000 ميل في

الثانية فقط، وكتب أينشتاين: «وهكذا نرى أن سرعة الضوء بالنسبة إلى القطار أقل من سرعته في الفراغ».

ثم أضاف: «لكن هذه النتيجة تتعارض مع مبدأ النسبية، لأن قانون انتقال الضوء- شأنه شأن غيره من نواميس الطبيعة- يجب ألا يتغير سواء أكان القطار أن رصيف المحطة هو نقطة الأصل، وذلك وفقًا لمبدأ النسبية». أي أن معادلات ماكسويل التي تحدد سرعة انتقال الضوء يجب أن تؤدي إلى النتيجة نفسها سواء في القطار المتحرك أو رصيف المحطة، وينبغي ألا تكون هناك تجربة يمكن القيام بها، بما في ذلك قياس سرعة الضوء، لتمييز أي أطر الإسناد يكون «في حالة سكون» وأيها يتحرك بسرعة ثابتة.

كانت تلك نتيجة غريبة، فالسيدة على متن القطار المنطلق نحو مصدر الضوء أو بعيدًا عنه يجب أن ترى أشعة الضوء تتحرك بنفس السرعة تمامًا التي يراها بها مراقب يقف على رصيف المحطة، وسوف تختلف سرعة السيدة بالنسبة للقطار بحسب اتجاه حركتها إما في نفس اتجاه حركة القطار أو عكس اتجاهه، لكن سرعتها بالنسبة للضوء القادم من المصباح الأمامي للقطار يجب أن تكون ثابتة، ورأى أينشتاين أن كل هذا يجعل الفرضيتين «متعارضتين ظاهريًا»، وقال فيما بعد في محاضرة عن كيفية توصله إلى نظريته: «إن ثبات سرعة الضوء لا يتفق مع قانون جمع السرعات، وكانت النتيجة أنني أمضيت قرابة عام في أفكار عقيمة».

والجمع بين فرضية الضوء ومبدأ النسبية كان يعني أن المراقب سوف يرصد سرعة واحدة للضوء، سواء أكان مصدر الضوء يتحرك في اتجاهه أم مبتعدًا عنه، وسواء أكان المراقب يتحرك في اتجاه مصدر

الضوء أم مبتعدًا عنه، أو كلاهما، أو لا شيء منهما. فسرعة الضوء واحدة مهما كانت حركة المراقب ومصدر الضوء.

هذا هو ما كانت عليه الأمور في أوائل مايو/ أيار 1905، فقد اعتنق أينشتاين مبدأ النسبية ورفعه إلى مرتبة المسلّمة، ثم تبنى بعد ذلك- بمزيد من التردد- مسلَّمة تقول إن سرعة الضوء لا تتوقف على حركة مصدره، وقد فكر كثيرًا في المعضلة الظاهرية أن مراقبًا ينطلق في مسار باتجاه الضوء سوف يري أشعة الضوء متجهة نحوه بنفس السرعة التي يراها بها عندما ينطلق مبتعدًا عنها، وبنفس السرعة التي يراها بها شخص يقف ثابتًا فوق رصيف محطة.

وكتب أينشتاين: «ونظرًا لهذه المعضلة، بيدو أننا لا نملك إلا أن نتخلى إما عن مبدأ النسبية أو القانون البسيط لانتقال الضوء».

ثم وقع حدث سار، فبينما كان ألبرت أينشتاين يتحدث مع أحد أصدقائه حقق واحدة من أروع وثبات الخيال في تاريخ الفيزياء.

كان يومًا جميلًا في برن- كما قال أينشتاين فيما بعد- عندما ذهب لزيارة أقرب أصدقائه (ميكيلي بيسو)، المهندس العبقري الذي يفتقر إلى التركيز، والذي تعرف به أثناء دراسته في زيورخ، ثم عمل معه بعد ذلك في مكتب براءات الاختراع السويسري، وكانا كثيرًا ما يذهبان إلى العمل معًا سيرًا على الأقدام، وفي تلك الزيارة أخبر أينشتاين بيسو بالمعضلة التي كانت تحيره.

وقال أينشتاين ذات مرة: «سوف أتخلى عن هذه الفكرة»، لكن بينما هما يتناقشان فيها يقول أينشتاين: «فجأة عرفت المدخل إلى حل المشكلة». وفي اليوم التالي عندما رأى بيسو كان أينشتاين في حالة

إثارة شديدة، ولم يبادله التحية، وأعلن على الفور: «شكرًا لك، لقد استطعت أن أحل المشكلة تمامًا».

وبعد خمسة أيام فقط من لحظة هذا الاكتشاف أرسل أينشتاين بحثه الشهير «عن الديناميكا الحرارية للأجسام المتحركة»، لم يحتوى البحث على أية اقتباسات من أعمال أخرى، ولم يذكر فيه أي عمل لشخص آخر، ولم يتقدم فيه بالشكر لأي شخص عدا في الجملة الأخيرة التي جاء فيها: «دعوني أذكر أن صديقي وزميلي ميكيلي بيسو وقف بقوة إلى جانبي فيما بذلت من جهد لحل المشكلة التي أناقشها هنا، وأنني مدين له بالعديد من الاقتراحات القيمة».

ماذا إذن كانت الفكرة الثاقبة التي طرأت في ذهنه عندما كان يتحدث مع بيسو؟ يقول أينشتاين: «كان الحل الذي أبحث عنه هو تحليل مفهوم الزمان، فلا يمكن تحديد الزمان بصورة مطلقة، وهناك علاقة لا تنفصم بين الزمان وسرعة الإشارة».

وبصورة أكثر تحديدًا، كانت الفكرة الأساسية هي أن الحدثين اللذين يبدوان متزامنين من وجهة نظر شخص ما، لن يظهرا متزامنين بالنسبة إلى شخص آخر يتحرك بسرعة، وليس هناك من سبيل لمعرفة أيهما مصيب تمامًا، أي ليست هناك وسيلة للتأكد من أن الحدثين متزامنان حقًا.

شرح أينشتاين هذا المفهوم فيما بعد باستخدام تجربة فكرية تتضمن قطارات متحركة، تخيل أن صواعق البرق تضرب الحاجز الترابي الموازي لشريط القطار عند نقطتين متباعدتين هما (B) و(A)، فلو قلنا إنهما ضربنا في وقت واحد، فماذا يعني ذلك؟

أدرك أينشتاين أننا بحاجة إلى تعريف عملي يمكننا تطبيقه بالفعل،

وسوف يتطلب ذلك وضع سرعة الضوء في الاعتبار، وكانت إجابته أننا سنصف الضربتين بأنهما متزامنتان لو كنا نقف في منتصف المسافة بينهما بالضبط بحيث يصل الضوء إلينا منهما في اللحظة نفسها.

لكن لنتخيل الآن كيف يبدو الحدث لراكب قطار يتحرك بسرعة على طول شريط القطار. وفي كتاب ألفه أينشتاين عام 1916 لشرح هذه الفكرة لغير المتخصصين استخدم الرسم التالي الذي يمثل فيه القطار الطويل بالخط العلوي:

قطار V   MR   V

حاجز ترابي   B   M   A

افترض أنه في نفس اللحظة (من وجهة نظر شخص واقف على الحاجز الترابي) التي يضرب البرق فيها النقطتين (A) و(B)، هناك راكب يجلس في منتصف القطار، (MR)، ويمر بالمراقب (M) الذي يقف في نقطة المنتصف على الحاجز الترابي، فإذا كان القطار ساكنًا بالنسبة للحاجز، فسوف يرى الراكب بداخله وهج ضربتي البرق في نفس اللحظة، كما سيراه المراقب الواقف فوق الحاجز.

ولكن لو كان القطار يتحرك جهة اليمين بالنسبة إلى الحاجز، فسوف يكون اتجاه حركة المراقب بالداخل أقرب إلى النقطة (B) أثناء انتقال موجات الضوء، وعلى ذلك فسوف يكون وضعه جهة اليمين قليلًا عندما يصل الضوء، ولذلك فسوف يرى ضوء ضربة البرق عند النقطة (B) قبل أن يرى ضوء الضربة عند النقطة (A)، وسوف يجزم لذلك أن البرق ضرب عند النقطة (B) قبل أن يضرب عند النقطة (A)، وأن الضربتين ليستا متزامنين.

قال أينشتاين: «وبذلك نصل إلى النتيجة المهمة: إن الأحداث المتزامنة بالنسبة إلى الحاجز لا تتزامن بالنسبة إلى القطار»، وينص مبدأ النسبية على أنه لا توجد وسيلة للحزم بأن الجسر «في حالة سكون» والقطار «في حالة حركة»، ويمكننا القول فقط إنهما في حالة حركة أحدهما بالنسبة إلى الآخر. إذن فليست هناك إجابة «مطلقة» أو «حقيقية».

وهذه فكرة بسيطة لكنها ثورية، فهي تعني أنه ليس هناك زمن مطلق، وتقول بدلًا من ذلك إن كل أطر الإسناد المتحركة لها زمنها النسبي الخاص بها، ومع أن أينشتاين رفض وصف هذه الطفرة بأنها طفرة «ثورية» حقيقية مثل الطفرة التي أحدثها في كمات الضوء، فقد أحدثت انقلابًا حقيقيًا في العلم، وقال فيرنر هايزنبيرج الذي أسهم فيما بعد في إنجاز مشابه بمبدأ الشك: «كان هذا تغيرًا في أساس علم الفيزياء ذاته؛ تغيرًا راديكاليًا مفاجئًا تطلب شجاعة كبيرة من عبقري ثوري شاب».

استخدام أينشتاين في بحثه عام 1905 صورة حية نستطيع أن نتخيله يرسمها في ذهنه وهو يشاهد القطارات القادمة إلى محطة برن مارة بصفوف الساعات الكبيرة التي تضبط كلها على الساعة الكبيرة الموجودة فوق برج المدينة الشهير. وقد كتب: «إن أحكامنا التي يكون الزمن عنصرًا فيها دائمًا ما تكون أحكامًا على أحداث متزامنة، فإذا قلتُ على سبيل المثال: «إن هذا القطار يصل هنا في السابعة»، فإنني أعني شيئًا كهذا: «إن وصول العقرب الصغير في ساعتي إلى الرقم 7 ووصول القطار حدثان متزامنان». غير أنني أكرر مرة أخرى أن المراقبين الذين يتحركون بسرعة بعضهم بالنسبة إلى بعض سوف تختلف وجهات نظرهم فيما إذا كان الحدثان البعيدان متزامنين.

إن مفهوم الزمن المطلق- أي زمن موجود في «الواقع» لا يتأثر بالملاحظة- ظل أساسًا من أسس الفيزياء منذ أن جعله نيوتن فرضية أساسية في كتابه «المبادئ»، وينطبق الأمر نفسه على المكان المطلق والمسافة المطلقة، وقد كتب في الجزء الأول من «المبادئ»: «إن طبيعة الزمن الرياضي والحقيقي والمطلق أنه يمضي بثبات دون أن يرتبط بأي عامل خارجي، وطبيعة المكان المطلق أنه يظل دائمًا مستقرًا ومتجانسًا دون أن يرتبط بأي عامل خارجي».

غير أن نيوتن نفسه لم يبد مرتاحًا لحقيقة أن هذه المفاهيم لا يمكن رصدها بصورة مباشرة، واعترف بأن «الزمن المطلق شيء لا يمكن إدراكه»، وقد لجأ إلى الاعتماد على وجود الله ليخرجه من المأزق، فقال: «الله موجود إلى الأبد في كل مكان، وبوجوده في كل زمان ومكان، فهو يصنع الزمان والمكان».

وقد انتقد إرنست ماخ - الذي تأثر بكتبه أينشتاين وزملاؤه بأكاديمية أوليمبيا- بشدة فكرة نيوتن عن الزمن المطلق ووصفها بأنها «مفهوم ميتافيزيقي عقيم» و«لا يمكن إثباته بالتجربة»، واتهم نيوتن بأنه «تصرف على نحو يتعارض مع نيته المعلنة لبحث الحقائق الفعلية ليس إلا».

أشار هنري لوتنكارية أيضًا إلى ضعف مفهوم نيوتن عن الزمن المطلق في كتابة وهو كتاب آخر من الكتب المفضلة لأكاديمية أوليمبيا، وجاء في الكتاب: «إننا لا نملك فكرة واضحة عن تساوي زمنين، بل إننا لا نملك حتى فكرة واضحة عن تزامن حدثين يقعان في مكانين مختلفين».

هكذا يبدو أن ماخ وبوانكارية قد وضعا أساس أعظم اكتشافات أينشتاين، لكنه يدين بدرجة أكبر- كما قال أخيرًا- لنزعة الشك التي

تعلمها من الفيلسوف الاسكتلندي ديفيد هيوم فيما يتصل بالمفاهيم العقلية البعيدة تمامًا عن المشاهدات الواقعية المحضة.

ونظرًا لعدد المرات التي استخدم فيها في أبحاثه تجاربه الفكرية التي تتضمن قطارات متحركة وساعات كبيرة متباعدة، فمن المنطقي أن نخمن أن القطارات التي كانت تمر أمام برج الساعة ببرن وصفوف الساعات الكبيرة المتزامنة على رصيف المحطة قد ساعدته في تصور أفكاره وصياغتها. وهناك بالفعل حكاية تتحدث عنه وهو يناقش نظريته الجديدة مع أصدقائه ويشير إلى (أو على الأقل يذكر) الساعات الكبيرة المتزامنة لبرن والساعة غير المتزامنة التي يمكن مشاهدتها في قرية ميوني المجاورة.

يقدم بيتر جاليسون دراسة مثيرة للعقلية التكنولوجية في كتابة وكانت فكرة تزامن الساعات مسيطرة على الأذهان في ذلك الوقت، وكانت برن قد أدخلت في المدن عام 1890 شبكة من الساعات الكبيرة المتزامنة كهربيًا، وبعد عقد آخر- في الوقت الذي وصل فيه أينشتاين- أصبح ابتكار وسائل لجعلها أكثر دقة وتزامنًا مع الساعات في المدن الأخرى ولعًا سويسريًا.

هذا بالإضافة إلى أن مهمة أينشتاين الأساسية في مكتب براءات الاختراع- بالمشاركة مع بيسو- كانت تقييم الأجهزة الكهروميكانيكية، وتضمن هذا سيلًا من طلبات الحصول على براءات اختراع لطرق توحيد زمن الساعات الكبيرة باستخدام إشارات كهربية، ويذكر جاليسون أن ثمانية وعشرين براءة اختراع من هذا النوع قد أصدرت في برن من عام 1901 إلى عام 1904.

كانت إحدى هذه البراءات- على سبيل المثال- بعنوان: «إنشاء ساعة مركزية للإشارة إلى الوقت على نحو متزامن في عدة أماكن متفرقة»،

وقُدِّم طلب مماثل للحصول على براءة اختراع في 25 أبريل/ نيسان، قبل ثلاثة أسابيع من مناقشته التاريخية مع بيسو، وكان يتضمن ساعة كبيرة ذات بندول يجري التحكم فيه كهرومغناطيسيًا، ويمكن ضبطها مع ساعة أخرى من نفس النوع باستخدام إشارة كهربية، وكان القاسم المشترك بين هذه الطلبات هو أنها تستخدم إشارات تنتقل بسرعة الضوء.

يجب أن نحرص على ألا نفرط في التوكيد على الدور الذي لعبه المناخ التكنولوجي لمكتب براءات الاختراع، فعلى الرغم من أن الساعات الكبيرة تعد جزءًا من وصف أينشتاين لنظريته، فقد كان محورها الصعوبات التي يواجهها المراقبون الذين يتحركون حركة نسبية في استخدام الإشارات الضوئية لضبط توقيتها، وهو أمر لم يهتم به مقدمو طلبات براءات الاختراع.

ومع ذلك، فمن الجدير بالذكر أن الجزء الأعظم من الفصلين الأولين من بحثه عن النسبية يتناول بصورة مباشرة وبتفاصيل عملية وواضحة (بطريقة تختلف تمامًا عن كتابات لورنتز وماكسويل على سبيل المثال) الظاهرتين التكنولوجيتين الحقيقيتين اللتين يعرفهما جيدًا، فقد كتب عن توليد «تيارات كهربية متساوية الشدة» بسبب «تتساوي الحركة النسبية» للملفات والمغناطيسات، واستخدام «إشارة ضوئية» للتأكد من أن «الساعتين متزامنتان».

وقد ذكر أينشتاين نفسه أن الفترة التي قضاها في مكتب براءات الاختراع «حفزتني على أن أرى التشعبات الآثار الفيزيائية للمفاهيم النظرية». وذكر ألكساندر موزكاوسكي الذي ألف كتابًا عام 1921 استمد من مناقشاته مع أينشتاين؛ ذكر أن أينشتاين كان يعتقد في وجود

«علاقة مؤكدة بين المعرفة التي اكتسبها في مكتب براءات الاختراع والنتائج النظرية».

الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة

دعنا الآن نرى كيف عبر أينشتاين عن كل هذا في بحثه الشهير في 30 يونيو/ حزيران 1905، وعلى الرغم من أهميته الكبيرة، فربما يكون أحد أكثر الأبحاث جرأة وإمتاعًا في تاريخ العلم، وقد صيغت معظم أفكاره بكلمات وتجارب فكرية نابضة بالحياة، بدلًا من المعادلات المعقدة، ويتضمن إلى جانب ذلك بعض الرياضيات، لكنها رياضيات بسيطة يستطيع أن يستوعبها طلاب المرحلة الثانوية. يقول الكاتب العلمي دينيس أوفرباي «يشهد البحث كله على قدرة اللغة البسيطة على نقل الأفكار العميقة شديدة التعقيد».

يبدأ البحث بـ«اللاتماثل» الذي به يستحث مغناطيس وملف تيارًا كهربيًا فقط من حركة أحدهما بالنسبة إلى الآخر، ولكن منذ عصر فارادي كان هناك تفسيران نظريان مختلفان للتيار الناتج يعتمدان على ما إذا كان المغناطيس أو الملف في حالة حركة. وقد كتب أينشتاين: «تعتمد الظاهرة المرصودة هنا على الحركة النسبية للموصل والمغناطيس فقط، في حين تميز وجهة النظر الشائعة تمييزًا واضحًا بين حركة أحد الجسمين أو الآخر».

وقد نشأ الاختلاف بين الحالتين من اعتقاد كان معظم العلماء لا يزالون يؤمنون به بأن هناك ما يعرف بحالة «سكون» بالنسبة إلى الأثير، لكن مثال المغناطيس والملف- بالإضافة إلى جميع المشاهدات التي سجلت عن الضوء- «يشير إلى أن ظواهر الكهروديناميكا وظواهر

الميكانيكا ليست بها خواص تتفق مع فكرة السكون المطلق»، وقد دفع هذا أينشتاين إلى رفع مبدأ النسبية «إلى مرتبة المسلمات»، فالنسبية تقول إن قوانين الميكانيكا والكهروديناميكا متماثلة في كل نظم الإسناد المتحركة بسرعة ثابتة بعضها بالنسبة إلى بعض.

ويمضي أينشتاين إلى عرض الفرضية الأخرى التي قامت عليها نظريته: ثبات سرعة الضوء «مهما كانت حركة الجسم الباعث». وبعد ذلك دونما اكثرت وباستخدام كلمة «لا داعي له» التي تشي بالامبالاة، رفض فاحص براءات الاختراع المتمرد نتاج جيلين من المبادئ العلمية، وقال: «سوف يتبين أن إدخال «أثير الضوء» لا داعي له نظرًا لأن الرؤية التي تتكون هنا لن تتطلب «فضاء في حالة سكون مطلق»».

فسر أينشتاين باستخدام هاتين الفرضيتين الخطوة الفكرية العظيمة التي اتخذها أثناء حديثه مع بيسو: «إن حدثين ينظر إليهما من إطار إسناد معين على أنهما متزامنان، ولا يمكن أن نراهما متزامنين عندما ننظر إليهما من نظام في حالة حركة بالنسبة إلى ذلك النظام»، أي أنه لا وجود للتزامن المطلق.

وفي عبارات تغرينا بسهولتها، أوضح أينشتاين أن الزمن ذاته لا يمكن تعريفه إلا بالإشارة إلى أحداث متزامنه، مثل عقرب الساعة الصغير الذي يشير إلى رقم 7 عند وصول القطار. والاستنتاج الواضح والمذهل في الوقت نفسه هو: بما أنه لا وجود للتزامن المطلق، فلا وجود لزمن «حقيقي» أو مطلق، وكما قال أينشتاين فيا بعد: «إن دقات الساعة المسموعة في كل مكان في العالم لا يمكن اعتبارها زمنًا».

كان هذا الإدراك يعني فضلًا عن ذلك إسقاط الفرض الآخر الذي

فرضه نيوتن في مستهل كتابه Principia، وأوضح أينشتاين أنه إذا كان الزمن نسبيًا فإن المكان وحدة الزمن.

فسر أينشتابن ذلك بأن طلب منا أن نتصور قضيبًا له طول معين عندما يقاس وهو ثابت بالنسبة إلى الراصد. والآن تخيل أن القضيب يتحرك، فكم يكون طوله؟ إحدى الطرق لتحديد طول القضيب هي التحرك بمحاذاة القضيب وبنفس سرعته، ووضع عصا قياس فوقه، ولكن كم سيكون طول القضيب إذا قاسه شخص لا يتحرك معه؟ في تلك الحالة ستعتمد إحدى وسائل قياس طول القضيب المتحرك على تحديد موقع كل من طرفي القضيب بدقة عند لحظة معينة باستخدام ساعتين ثابتتين موحدتي الزمن، ثم استخدام مسطرة ثابتة لقياس المسافة بين هاتين النقطتين، وأوضح أينشتاين أن هذه الوسائل سوف تعطي نتائج متباينة.

لماذا؟ لأن الساعتين الثابتتين وحد زمنيهما راصد ثابت، ولكن ماذا لو حاول راصد يتحرك بنفس سرعة القضيب توحيد زمني هاتين الساعتين؟ سوف يحدث اختلاف في زمنيهما لأن الراصد سيكون لديه إدراك مختلف للتزامن. وكما قال أينشتاين: «سيجد الراصدون المتحركون مع القضيب المتحرك أن الساعتين غير متزامنتين، بينما سيعلن الراصدون في النظام الثابت أن الساعتين متزامنتان».

نتيجة أخرى من نتائج النسبية الخاصة هي أن شخصًا يقف على رصيف المحطة سوف يلاحظ أن الزمن يمضي أبطأ في قطار يمر عبر المحطة مسرعًا. تخيل أن بالقطار «ساعة» تتكون من مرآة مثبتة على أرضية القطار وأخرى مثبتة على السقف، وشعاع من الضوء يتحررك بينهما لأعلى ولأسفل. يبدو الضوء من منظور امرأة تجلس بالقطار

متحركًا في خط مستقيم لأعلى ثم في خط مستقيم لأسفل، لكن من منظور رجل يقف على رصيف المحطة سيبدو أن الضوء يبدأ من أسفل لكنه يتحرك في خط مائل للوصول إلى مرآة السقف التي تكون قد تحركت للأمام مسافة ضئيلة، ثم يرتد لأسفل في خط مائل إلى المرآة الموجودة على الأرضية التي تكون بدورها قد تحركت للأمام مسافة ضئيلة، وسرعة الضوءَ ثابتة بالنسبة إلى كلا الراصدين (وهذه هي فرضية أينشتاين العظيمة). يرى الرجل الواقف على رصيف المحطة المسافة التي يقطعها الضوء أطول مما تراها المرأة التي تستقبل القطار، وهكذا فإن الرجل الواقف على رصيف المحطة يشعر أن الزمن يمضي أبطأ داخل القطار المندفع.

نستطيع تصور هذا أيضًا باستخدام سفينة جاليلو، تخيل أن شعاعًا من الضوء أطلق من أعلى صاري السفينة إلى سطحها. سيرى الراصد على متن السفينة أن شعاع الضوء يقطع مسافة تساوي تمامًا ارتفاع الصاري، غير أن الراصد على البر سيرى أن شعاع الضوء يقطع مسافة تساوى طول الصارى بالإضافة إلى المسافة (السفينة سريعة للغاية) التي تحركتها السفينة للأمام خلال الزمن الذي استغرقة الضوء للوصول من قمة الصاري إلى أسفله، وسرعة الضوء لكلا الراصدين ثابتة لا تتغير، لكن شعاع الضوء من منظور الراصد على البر قطع مسافة أكبر قبل أن يصل إلى سطح السفينة، أي أن الحدث نفسه (انطلاق شعاع ضوئي من أعلى الصاري ليصطدم بسطح السفينة) استغرق وقتًا أطول من منظور شخص على الأرض عنه من منظور شخص على متن السفينة.

هذه الظاهرة التي تسمى تمدد الزمن تؤدي إلى ما يعرف باسم مفارقة

التوأم؛ إذا مكث رجل فوق الرصيف بينما أقلعت شقيقته التوأم في سفينة فضاء تقطع مسافة طويلة بسرعة تقترب من سرعة الضوء، فعندما تعود إلى الأرض سوف تكون أصغر عمرًا من أخيها، ولكن لما كانت الحركة نسبية، فيبدو أن هذا يمثل مفارقة، فالأخت المسافرة في سفينة الفضاء قد تعتقد أن أخاها على الأرض هو الذي يسافر بسرعة كبيرة، وعندما يلتقيان ثانية فسوف تتوقع أن أخاها لم يتقدم به العمر كثيرًا.

هل يمكن أن يعود كلاهما أصغر من الآخر؟ بالطبع لا، فالظاهرة لا تعمل في الاتجاهين، ولما كانت السفينة الفضائية لا تتحرك بسرعة ثابتة لأنها تضطر إلى الانعطاف، فإن التوأم الموجودة على متن سفينة الفضاء هي التي ستتقدم في العمر ببطء، وليس أخاها المقيم على الأرض.

وقد ثبتت ظاهرة تمدد الزمن بالتجربة، حتى باستخدام ساعات اختبار على متن الطائرات التجارية، لكنها لا تؤثر في حياتنا العادية تأثيرًا حقيقيًا لأن حركتنا بالنسبة لأي راصد آخر لا تدنو أبدًا من سرعة الضوء الهائلة. والواقع أنك لو أمضيت عمرك كله تقريبًا على متن طائرة، لصار عمرك عند عودتك أقل 0.00005 ثانية أو نحو ذالك من توأمك الموجود على سطح الأرض.

والنسبية الخاصة لها الكثير من المظاهر الغريبة الأخرى، فكر مرة أخرى في الساعة الضوئية الموجودة في القطار؛ ماذا يحدث عندما تقترب سرعة القطار من سرعة الضوء بالنسبة إلى راصد يقف على الرصيف؟ سوف يستغرق شعاع الضوء في القطار دهرًا ليرتد من أرضية القطار إلى السقف المتحرك ويعود مرة أخرى إلى الأرضية المتحركة، ولذلك فإن الزمن في القطار سوف يتوقف تقريبًا من منظور راصد واقف على الرصيف.

عندما تقترب سرعة جسم متحرك من سرعة الضوء، فإن كتلته تزداد أيضًا، ويظل قانون نيوتن الذي ينص على أن القوة تساوي الكتلة مضروبة في العجلة ساريًا، لكن مع تزايد الكتلة، تُحدث القوة عجلة أقل فأقل، وليست هناك قوة تكفي لدفع أي جسم ولو كان حصاة صغيرة بسرعة تزيد عن سرعة الضوء، فهذه هي السرعة القصوي في الكون، وليس هناك جسيم أو معلومة تستطيع أن تتجاوز سرعة الضوء، وفقًا لنظرية أينشتاين.

على الرغم من كل هذا الحديث عن نسبية المسافة والزمن اعتمادًا على حركة الراصد، فقد يستهوي المرء أن يسأل: إذن أي الراصدين على صواب؟ من الذي تُظهر ساعة معصمة الزمن «الحقيقي» المنقضي؟ أي طولي القضيب «حقيقي»؟ أيهما يوصف مفهومه للتزامن بأنه «صحيح»؟

وفقًا لنظرية النسبية الخاصة، تعتبر جميع أنظمة التوجيه الذاتي صحيحة، إنما ليست مسألة ما إذا كانت القضبان تنكمش بالفعل، أو إذا كان الزمن يتباطأ في الحقيقة؛ فكل ما نعرفه هو أن الراصدين في حالات مختلفة من الحركة سوف يقيسون الأشياء بطرق مختلفة، والآن وقد استغنينا عن الأثير باعتباره «غير ضروري»، فلا يوجد إطار إسناد «في حالة السكون» مفضل عن الآخر.

يظهر أحد أوضح تفسيرات اينشتاين لما حققه في خطاب إلى زميله سولوفين بأكاديمية أوليمبيا:

يمكن تلخيص نظرية النسبية في بضع كلمات؛ على النقيض من الحقيقة المعروفة منذ العصور الغابرة أن الحركة لا يمكن الإحساس بها إلا كحركة نسبية، فإن الفيزياء قائمة على فكرة الحركة المطلقة، وقد افترضت دراسة الموجات الضوئية أن إحدى حالات الحركة، وهي حركة

الأثير الناقل للضوء، تختلف عن باقي الحركات الأخرى، وافترضت أن جميع حركات الأجسام نسبية بالنسبة إلى الأثير الناقل للضوء، الذي كان يجسد السكون المطلق. ولكن بعد فشل الجهود لاكتشاف حالة الحركة المميزة لهذا الأثير الافتراضي من خلال التجارب، أصبح من الضروري إعادة صياغة المشكلة، وهذا ما فعلته نظرية النسبية، فقد افترضت عدم وجود حالات فيزيائية مميزة للحركة وسألت ما النتائج التي يمكن الخروج بها من ذلك.

كانت فكرة أينشتاين كما شرحها لسولفين هي أنه لابد من نبذ المفاهيم التي لا علاقة لها بالواقع العملي، مثل «التزامن المطلق» و«السرعة المطلقة».

غير أنه من المهم أن نوضح أن نظرية النسبية لا تعني أن «كل الأشياء نسبية»؛ إنها لا تعني أننا نرى كل الأشياء من منظور ذاتي.

لكنها تعني أن قياسات الزمن- بما في ذلك قياس طول الزمن وقياس التزامن- يمكن أن تكون نسبية تبعًا لحركة الراصد، وكذلك الحال بالنسبة لقياسات المكان مثل قياسات المسافة والطول، لكن هناك اتحادًا بين الاثنين نطلق عليه اسم الزمكان، وهو يظل ثابتًا في جميع أنظمة الإحداثيات الذاتية، وهناك بالمثل أشياء تظل ثابتة مثل سرعة الضوء.

الواقع أن أينشتاين فكر لفترة قصيرة في تسمية إبداعه بنظرية الثبات لكن الاسم لم يكتب له البقاء قط، فقط استخدم ماكس بلانك مصطلح النسبية عام 1906، وفي حوار جمع بين أينشاين وصديقه بول إيرنفيست عام 1907 أطلق عليها أينشتاين نظرية النسبية.

إحدى الطرق لكي ندرك أن أينشتاين كان يتحدث عن الثبات، وأنه لم يكن يعلن أن كل الأشياء نسبية، هي أن نفكر في المدى الذي يقطعه شعاع الضوء في فترة زمنية معينة، وهذه المسافة تساوي سرعة الضوء مضروبة في الزمن الذي استغرقته حركة شعاع الضوء. ولو كنا فوق رصيف نرصد حركة شعاع الضوء في قطار يندفع مسرعًا، فسوف يبدو الزمن المنقضي أقصر (يبدو مرور الزمن أبطأ على متن القطار المتحرك)، وستبدو المسافة أقصر (يبدو أن المساطر تنكمش على متن القطار المتحرك)، لكن هناك علاقة بين الكميتين- علاقة بين قياسات المكان والزمان- تظل ثابتة مهما اختلفت حالتك.

والطريقة الأكثر تعقيدًا لندرك هذا هي الطريقة التي استخدمها هيرمان مينكوفسكي، مدرس الرياضيات السابق لأينشتاين بمعهد زيورخ الفني، فعندما تأمل أعمال أينشتاين، ظهر عليه تعبير الذهول الذي يرغب كل طالب متفرد في أن ينتزعه يومًا ما من أساتذته المتواضعين، وقال مينكوفسكي للفيزيائي ماكس بورن: «كانت المفاجأة مذهلة، لأن أينشتاين كان أثناء دراسته طالبًا كسولًا، ولم يكن يهتم بالرياضيات على الإطلاق».

قرر مينكوفسكي أن يقدم بنية رياضية للنظرية، وكان أسلوبه مماثلًا للأسلوب الذي اقترحه المسافر عبر الزمن في الصفحة الأولى من رائعة إتش. جي. ويلز «آلة الزمن» التي نشرت عام 1895، وجاء فيها: «هناك في الواقع أربعة أبعاد، ثلاثة منها نطلق عليها مستويات المكان الثلاثة، والبعد الرابع هو الزمن». وقد حول مينكوفسكي جميع الأحداث إلى إحداثيات رياضية في أربعة أبعاد، جاعلًا الزمن بعدًا رابعًا، وسمح هذا بحدوث تحولات، لكن العلاقات الرياضية بين الأحداث ظلت ثابتة.

أعلن مينكوفسكي أسلوبه الرياضي الجديد بطريقة مسرحية في محاضرة عام 1908 جاء فيها: «إن الأفكار التي أرغب في عرضها عليكم من المكان والزمن نبتت من تربة الفيزياء التجريبية، وهذا مكمن قوتها. إنها أفكار راديكالية، ومن الآن فصاعدًا سيتلاشى مفهوم المكان وحده ومفهوم الزمن وحده؛ سينتهيان إلى غير رجعة، ولن يتبقى إلا نوع من الاتحاد بين الاثنين».

كان أينشتاين لا يزال غير مولع بالرياضيات، وقد وصف عمل مينكوفسكي ذات مرة بأنه «علم زائد عن الحاجة»، وقال مازحًا: «منذ أن وقعت نظرية النسبية بين أيدي علماء الرياضيات، لم أعد أنا نفسي أستطيع فهمها»، لكن الواقع أنه أعجب بعمل مينكوفسكي، وكتب فصلًا عنه في كتابه الشهير عام 1916 عن النسبية.

إنه تعاون كان يمكن أن يكون رائعًا! ولكن في نهاية عام 1918، دخل مينكوفسكي المستشفى مصابًا بالتهاب قاتل في الغشاء البريتوني، ويشاع أنه قال: «إنها لمأساة أن أموت في عصر ظهور النسبية».

ومن جديد يجدر بنا أن نتساءل لماذا اكتشف أينشتاين نظرية جديدة في حين عجز معاصروه عن ذلك، فقد توصل لورنتز وبوانكارية بالفعل إلى كثير من عناصر نظرية أينشتاين، حتى إن بوانكارية شكك في الطبيعة المطلقة للزمن.

لكن لورنتز وبوانكارية لم يحدثا الطفرة الكاملة؛ وهي إثبات أنه لا حاجة لافتراض وجود الأثير، ولا وجود لسكون مطلق، وأن الزمن نسبي تبعًا لحركة الراصد، وكذلك الأمر بالنسبة للمكان، ويقول الفيزيائي كيب ثورن إنهما «كانا يسعيان إلى تغيير مفهومنا للمكان والزمان مثلما فعل

أينشتاين، لكنهما كانا يتحركان خلال ضباب المفاهيم الخاطئة التي دست عليهم من فيزياء نيوتن».

لكن أينشتاين- على النقيض- استطاع أن ينبذ مفاهيم نيوتن الخاطئة. «فإيمانه بأن الكون يعشق البساطة والجمال، واستعداده لأن يهتدي بهذا الإيمان حتى لو كان ذلك يعني هدم أسس فيزياء نيوتن، قاداه إلى ما لم يصل إليه الآخرون، وهو التعريف الجديد للمكان والزمان».

ولم يتوصل (بوانكاريه) قط إلى العلاقة بين نسبية التزامن ونسبية الزمن، «وقد تراجع عندما كان على شفا» فهم النتائج الكاملة لأفكاره حول الزمن المحلي. لماذا أصابه التردد؟ على الرغم من أفكاره المثيرة، فقد كان يطغي عليه ميله إلى التمسك بالتقاليد في الفيزياء ويمنع ظهور نزعة التمرد المتأصلة في فاحص براءات الاختراع المجهول. وقد قال بانيس هوفمان عن (بوانكاريه): «عندما وصل إلى الخطوة الحاسمة تخلت عنه شجاعته، وتمسك بالعادات الفكرية القديمة والأفكار المعهودة عن المكان والزمن، ولو كان هذا يبدو مذهلًا، فذلك لم يكن مثل جرأة أينشتاين عندما اعتبر النسبية واحدة من المسلمات، واستطاع بإيمانه بها أن يغير مفهومنا للمكان والزمن».

جاء التفسير الواضح لقصور (بوانكاريه) وجرأة أينشتاين على لسان أحد أساتذة الفيزياء النظرية الذي خلفوا أينشتاين بمعهد الدراسات المتقدمة في برينستون، وهو فريمان دايسون إذ قال:

الاختلاف الأساسي بين بوانكاريه وأينشتاين هو أن بوانكاريه كان بطبيعته محافظًا وأن أينشتاين بطبيعته ثوري، فعندما بحث بوانكاريه عن نظرية جديدة للكهرومغناطيسية حاول الاحتفاظ بالقديم قدر

استطاعته، فقد أحد الأثير، وظل يؤمن به حتى عندما أثبتت نظريته ذاتها تعذر رصده، وكانت نظرية النسبية التي أتي بها ضربًا من الترقيع، فقد وضعت الفكرة الجديدة للزمن المحلي المعتمد على حركة الراصد في إطار المفهوم القديم للمكان والزمن المطلقين الذي يقوم على أثيلا جامد لا يتحرك. غير أن أينشتاين كان يرى أن النظام القديم معقد وغير ضروري، وكان مسرورًا بالتخلص منه، وجاءت نظريته أبسط وأكثر تماسكًا، فلم يكن بها مكان وزمن مطلقان، ولم يكن بها أثير، واستطعنا عن طريقها أن نلقي بكل التفسيرات المعقدة للقوى الكهربية والمغناطيسية كقوى مرنة في الأثير في سلة قمامة التاريخ، إلي جانب الأساتذة الكبار المشاهير الذين لا يزالون يؤمنون بها.

من ثم صاغ بوانكاريه مبدأ نسبية يشبه مبدأ النسبية لأينشتاين في بعض الجوانب، لكنه تضمن اختلافًا جوهريًا، فقد احتفظ بوانكاريه بوجود الأثير، وكانت سرعة الضوء في رأيه ثابتة فقط عندما يقيسها راصدون في حالة سكون بالنسبة إلى الأثير المفترض.

ما يثير مزيدًا من الدهشة ويكشف مزيدًا عن طبيعة أينشتاين هو أن لورنتز وبوانكاريه لم يتوصلا قط إلى ما توصل إليه أينشتاين حتى بعد أن اطلعا على بحثه، فقد ظل لورنتز متمسكًا بوجود الأثير وبكونه مرجعًا للقياس «في حالة سكون»، وفي محاضرة ألقاها عام 1913 – وأعاد طباعتها عام 1920 في كتابه – قال لورنتز: «يقول أينشتاين إن الحديث عن الحركة بالنسبة للأثير لا معنى له، وهو ينكر بالمثل وجود التزامن المطلق. أما عن رأيي فأنا أميل بعض الشيء إلى التفسيرات القديمة التي تضفي على الأثير بعض الواقعية، وتقول إن المكان والزمن يمكن

الفصل بينهما فصلًا تامًا، وتتناول التزامن دون مزيد من التفصيل».

ويبدو أن (بوانكاريه) بدوره لم يفهم إنجاز أينشتاين فهمًا كاملًا، وحتى في عام 1909 كان لا يزال يصر على أن نظرية النسبية تتقصها فرضية ثالثة، وهي أن «الجسم في حالة الحركة يعاني تشوهًا في الاتجاه الذي يزاح إليه». والواقع أن انكماش القضبان – كما أوضح أينشتاين – ليس فرضية مستقلة تتضمن تشوهًا حقيقيًا، بل هو بالأحرى نتيجة قبول نظرية أينشتاين للنسبية.

وحتى وفاته عام 1912، لم يتخل بوانكاريه تمامًا عن فكرة الأثير أو مفهوم السكون المطلق، وتحدث بدلًا من ذلك عن تبني «مبدأ النسبية وفقًا للورنتز»، فهو لم يستوعب قط ولم يقبل أساس نظرية أينشتاين، ويقول المؤرخ العلمي أرثر ميلر: «ظل بوانكاريه ثابتًا على موقفه من أن هناك تزامنًا مطلقًا في عالم المفاهيم».

النظرية النسبية ومشاعر اينشتاين

كتب أينشتاين إلى حبيبته ميليفا ماريتش عام 1901: «كم سأكون سعيدًا وفخورًا عندما ننتهي من عملنا عن الحركة النسبية!»والآن وصلنا إلى تلك النهاية، وكان أينشتاين مجهدًا عندما أنهى مسود للبحث في يونيو/ حزيران لدرجة أن «جسمه كان منحنيًا، ولازم الفراش لمدة أسبوعين، في حين راجعت ماريتش المقالة مرة بعد مرة».

بعد ذلك قاما بشيء غير عادي؛ احتفلا معًا، فبمجرد انتهائه من الأبحاث الأربعة التي وعد بها في خطابه الذي لا ينسى لكونراد هابيكت، أرسل لزميله القديم من أكاديمية أوليمبيا رسالة أخرى، وكانت تلك المرة بطاقة بريدية موقعة منه هو وزوجته، وكان نصها: «كلانا للأسف شرب كثيرًا حتى الثمالة».

يثير كل هذا سؤالًا أكثر غموضًا وإثارة للجدل من السؤال الذي تثيره تأثيرات لورنتز وبوانكاريه: ماذا كان دور ميليفا ماريتش؟

في شهر أغسطس/ آب من ذلك العام سافرا معًا في إجازة إلى صربيا لزيارة صديقاتها وأسرتها، وأثناء وجودهما هناك كانت ميليفا فخورة وراغبة أيضًا في قبول جزء من الفضل، وقالت لأبيها: «لقد انتهينا قريبًا من عمل في غاية الأهمية سوف يجعل زوجي رجلًا مشهورًا على مستوى العالم»، وذلك وفقًا للروايات التي سجلت هناك فيما بعد. كان يبدو في ذلك الوقت أن علاقتهما عادت إلى ما كانت عليه، وامتدح أينشتاين بسعادة مساعدة زوجته، وقال لأصدقائها في صربيا: «أنا

بحاجة إلى زوجتي، فهي تساعدني في حل جميع المسائل الرياضية».

زعم البعض أن ماريتش كانت شريكًا كاملًا، وكان هناك أيضًا تقرير طُعن في صحته فيما بعد بأن واحدة من المسودات الأولى لبحثه في النسبية كانت تحمل اسمها أيضًا. وفي مؤتمر نيو أورليانز، عقدت الجمعية الأمريكية لتطوير العلوم اجتماعًا حول الموضوع تحاور فيه إيفان ووكر وهو فيزيائي وباحث في السرطان من ميريلاند، مع جون ستاشل مدير مشروع أبحاث أينشتاين، وعرض ووكر الخطابات العديدة التي تشير إلى «عملنا»، ورد ستاشل بأن هذه العبارات مجاملة رومانسية واضحة، وأنه «ليست هناك أدلة على الإطلاق تثبت أنها شاركت بأية أفكار من عندها».

لأسباب واضحة أثار هذا الجدل اهتمام العلماء والصحافة، وكتبت الصحفية إلين جودمان تعليقًا ساخرًا في صحيفة بوسطن جلوب عرضت فيه الدليل بحكمة وحصافة، ونشرت صحيفة إيكونوميست مقالًا بعنوان «الأهمية النسبية للسيدة أينشتاين»، وتبع ذلك مؤتمر آخر عام 1994 بجامعة (نوفي ساد) أكد فيه الأستاذ راستكو ماجليتش منظم المؤتمر أن الوقت قد حان «لإبراز دور ماريتش لكي نضمن لها مكانها المستحق في تاريخ العلم». وانتهت المناقشة العامة ببرنامج وثائقي عرضته شبكة PBS عام 2003 تحت عنوان «زوجة أينشتاين»، وجاء محايدًا بصورة عامة مع أنه أعطى مصداقية لا مبرر لها للشائعة التي تزعم أن اسمها كان موجودًا على المخطوطة الأصلية.

وتشير جميع الأدلة إلى أن ماريتش كانت بالنسبة لأينشتاين مرآة لأفكاره، لكنها لم تكن تتمتع في هذا الدور بأهمية بيسو. وقد ساعدته

أيضًا في مراجعة الرياضيات، لكن ليست هناك أية أدلة تشير إلى أنها توصلت إلى أي من المفاهيم الرياضية، وفضلًا عن ذلك فقد شجعته وتحملته (وهو ما كان في بعض الأحيان أشد صعوبة).

من أجل التاريخ المثير ومغزاه العاطفي، سوف يكون من الممتع أن نواصل لأبعد من هذا، لكن علينا بدلًا من ذلك أن نتبع المسار الأقل إثارة لكونه محصورًا بالأدلة، فلا يوجد أي خطاب من خطاباتهما العديدة أحدهما إلى الآخر أو إلى الأصدقاء يذكر مثالًا واحدًا لفكرة أو مفهوم مبتكر يتعلق بالنسبية جاءت به ماريتش.

ولم تزعم هي قط – حتى لعائلتها وأصدقائها، حينما كان يخوضان آلام طلاقهما المرير – أنها قامت بأية إسهامات كبيرة في نظريات أينشتاين. وابنها هانز ألبرت، الذي ظل بارًا بها وأقام معها أثناء الطلاق، أدلى بروايته التي ظهرت في كتاب ألفه بيتر ميشيلمور ويبدو أنها تعكس ما حكته ماريتش لابنها، وجاء فيها: «ساعدته ميليفا في حل بعض المسائل الرياضية، لكن أحدًا لم يكن يستطع أن يساعده في العمل الإبداعي، وتسلسل الأفكار».

ليس هناك داع في الحقيقة للمغالاة في إسهامات ماريتش من أجل الإعجاب بها وتكريمها والتعاطف معها كواحدة من الرواد، ويقول المؤرخ العلمي جيرالد هولتون إننا عندما ننسب إليها فضلًا لم تدعه لنفسها «ننقص من مكانتها الهامة والحقيقية في التاريخ، ومن إخفاقها المأساوي في تحقيق آمالها وطموحاتها القديمة».

أعجب أينشتاين بجرأة وشجاعة الفيزيائية قوية الشكيمة التي نشأت في بلاد لم يكن يسمح فيها للنساء بالدخول في هذا المجال، والآن

ونحن لا نزال نعاني من القضايا نفسها بعد مرور قرن من الزمان، فإن الشجاعة التي أظهرتها ماريتش باقتحامها عالم الفيزياء والرياضيات الذي يهيمن عليه الذكور ومزاحمتها لهم هي ما ينبغي أن يمنحها مكانة رائعة في سجلات تاريخ العلم، وهذا هو ما تستحقه دون أن نغالي في قيمة إسهامها في النظرية الخاصة للنسبية.

المقطع الختامي، سبتمبر/ أيلول ١٩٠٥

أزاح أينشتاين الستار عن سنته المعجزة في خطابه إلى رفيق أكاديمية أوليمبيا كونراد هابيكت، واحتفل بذروتها في البطاقة البريدية ذات السطر الواحد التي كتبها إليه وهو ثمل، وفي سبتمبر/ أيلول كتب خطابًا آخر إلى هابيكت، وحاول فيه أن يغريه بالمجيء للعمل في مكتب براءات الاختراع، وكانت سمعة أينشتاين كذئب وحيد مصطنعة بعض الشيء، وقال له: «ربما نستطيع تهريبك بين العبيد العاملين في المكتب، وسوف تجده على الأرجح عملًا سارًا نسبيًا. هل لديك حقًا الاستعداد والرغبة في المجيء؟ تذكر أنه بالإضافة إلى ساعات العمل الثمانية كل يوم، لديك أيضًا ثماني ساعات تضيعها في العبث، وهناك أيضًا يوم الأحد. سوف أسعد بوجودك هنا».

وكما حدث في خطابه السابق قبل ستة أشهر، من ذلك التاريخ مضى أينشتاين يكشف بالمصادفة تمامًا عن طفرة علمية بالغة الأهمية، تلك الطفرة التي سيعبر عنها بأشهر المعادلات في جميع العلوم:

نتيجة واحدة أخرى لبحث الكهروديناميكا قد خطرت أيضًا على بالي، وهي أن مبدأ النسبية، بالإضافة إلى معادلات ماكسويل، يتطلب أن تكون الكتلة قياسًا مباشرًا للطاقة التي يحتويها جسم، ويحمل الضوء كتلة معه، وفي حالة الراديون لا بد أن يكون هناك نقص-ملحوظ في

الكتلة. الفكرة ممتعة ومغوية؛ لكنني لا أدري فربما كان الله يضحك من الأمر كله، وربما كان يضللني.

ابتكر أينشتاين الفكرة ببساطة جميلة، فالبحث الذي تلقته منه المجلة في 27 سبتمبر/ أيلول 1905 بعنوان «هل يعتمد القصور الذاتي لجسم ما على محتواه من الطاقة؟» تضمن ثلاث خطوات فقط ولم يزد عن ثلاث صفحات، وقد أشار فيه إلى بحثه في النسبية الخاصة فقال: «إن البحث الذي نشرته حديثًا في هذه المجلة يقود إلى نتيجة في غاية الطرافة، وسوف أستنتجها هنا».

مرة أخرى كان يستنتج نظرية من مبادئ وفرضيات، ولم يحاول تفسير البيانات التجريبية التي بدأ يجمعها الفيزيائيون التجريبيون الذين يدرسون أشعة الكاثود عن علاقة الكتلة بسرعة الجسيمات. وبالجمع بين نظرية ماكسويل ونظرية النسبية، بدأ بتجربة فكرية (وهو ما لم يكن مثيرًا للدهشة)، فقد حسب خواص نبضتي ضوء منبعثتين في اتجاهين متقابلين بواسطة جسم في حالة سكون، وبعد ذلك حسب خواص هذه النبضات الضوئية عندما رصدها من إطار إسناد متحرك، ومن هذا توصل إلى معادلات تتعلق بالعلاقة بين السرعة والكتلة.

وكانت النتيجة استنتاجًا رائعًا: الكتلة والطاقة مظهران مختلفان لشيء واحد، وهناك تبادلية أساسية بين الاثنين، وكما قال في بحثه، «إن كتلة جسم ما هي مقياس لمحتواه من الطاقة».

كانت الصيغة التي استخدمها لوصف هذه العلاقة في غاية البساطة أيضًا، إذ قال: «بعث جسم طاقة مقدارها L في صورة إشعاع، فإن كتلته تنقص بمقدار L/V2»، ونستطيع التعبير عن نفس المعادلة بصورة

أخرى: L = mV2. استخدم أينشتاين الحرف L ليرمز إلى الطاقة حتى عام 1912 عندما حذفه من مخطوطة، واستبدله بالرمز الأكثر شيوعًا E، كما أنه استخدم V ليرمز إلى سرعة الضوء قبل أن يغيرها إلى الرمز الأكثر شيوعًا C. وعلى ذلك، باستخدام الحروف التي سرعان ما أصبحت قياسية، توصل أينشتاين إلى معادلته الشهيرة:

E = mc2

الطاقة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء، وسرعة الضوء بطبيعة الحال مقدار ضخم جدًا، وتربيعه يجعله مقدارًا بالغ الضخامة، وهذا هو السبب في أن قدرًا ضئيلًا من المادة، لو تحول بالكامل إلى طاقة، فسوف تكون له قوة جبارة، إذ يتحول الكيلو جرام من الكتلة إلى 25 مليار كيلووات ساعة من الكهرباء تقريبًا، والطاقة الموجودة في كتلة حبة واحدة من الزبيب تكفي لإمداد مدينة نيويورك باحتياجاتها من الطاقة لمدة يوم.

كالمعتاد أنهى أينشتاين البحث باقتراح طرق تجريبية لتأكيد النظرية التي توصل إليها، وكتب: «ربما يكون من الممكن اختبار هذه النظرية باستخدام أجسام يتفاوت محتواها من الطاقة بدرجة كبيرة مثل أملاح الراديوم».

الفصل السادس

النظرية النسبية العامة

1911 - 1915

الضوء والجاذبية

بعد أن صاغ أينشتاين نظريته الخاصة عن النسبية عام 1905 أدرك أنها غير كاملة من ناحيتين على الأقل؛ الأولى: أنها اعتبرت أن التفاعل الفيزيائي لا يمكن أن ينتشر بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وهذا يتعارض مع نظرية نيوتن عن الجاذبية التي صورت الجاذبية على أنها قوة تعمل لحظيًا بين جسمين متباعدين، والثانية: أنها لا تنطبق إلا على الحركة بسرعة منتظمة. لذا بذل أينشتاين على مدى السنوات العشر التالية جهدًا كبيرًا للتوصل إلى نظرية مجال جديد للجاذبية، ولتعميم نظرية النسبية بحيث تنطبق على الحركة المتسارعة.

جاءت أولى خطواته في نهاية عام 1907 عندما كان يكتب مقالًا عن النسبية لكتاب علمي ينشر سنويًا. قادته تجربة فكرية حول ما يشعر به راصد يسقط سقوطًا حرًا إلى اعتناق مبدأ تعذر تمييز تأثيرات التسارع وتأثيرات مجال الجاذبية،1 وأي شخص في غرفة مغلقة بلا نوافذ يشعر بأن قدميه مضغوطتان على الأرضية لن يستطيع أن يحدد إن كان ما يشعر به بسبب تسارع الغرفة في فضاء خارجي لأعلى، أم لأنها في حالة سكون في مجال جاذبية، وإذا أخرج قطعة نقود من جيبه

وتركها تقع على الأرض فسوف تسقط على الأرضية بسرعة متزايدة في كلا الحالتين. وبالمثل فإن شخصًا يشعر بأنه يطفو في غرفة مغلقة لن يعرف ما إذا كان ذلك بسبب أن الغرفة في حالة سقوط حر، أم لأنها تحوم في منطقة خالية من الجاذبية في الفضاء الخارجي.

أدى هذا بأينشتاين إلى أن يضع «مبدأ التكافؤ» الذي سيرشد مسعاه في نظرية الجاذبية، ومحاولته لتعميم النسبية. وقد قال فيما بعد: «أدركت أنني سوف أتمكن من توسيع أو تعميم مبدأ النسبية ليطبق على النظم المتسارعة بالإضافة إلى الأنظمة المتحركة بسرعة منتظمة، وتوقعت أنني أستطيع حل مشكلة الجاذبية في نفس الوقت».

وبما أن الكتلة القصورية والكتلة التثاقلية متكافئتان، فقد أدرك أيضًا أن هناك تكافؤًا بين جميع تأثيرات القصور الذاتي مثل مقاومة العجلة، وتأثيرات الجاذبية مثل الوزن. وكانت فكرته هي أن كليهما مظهران لتركيب واحد يطلق عليه أحيانًا مجال الجاذبية – القصور الذاتي.

من نتائج هذا التكافؤ أن الجاذبية، كما ذكر أينشتاين، تحني أشعة الضوء، ويمكن أن يوضح هذا بسهولة باستخدام التجربة الفكرية للغرفة: تخيل أن الغرفة تتسارع لأعلى، وينفذ شعاع ليزر من ثقب بجدار الغرفة، وفي الوقت الذي يصل فيه الشعاع إلى الجدار المقابل من الغرفة يكون أقرب قليلًا إلى أرضية الغرفة، لأن الغرفة قد اندفعت لأعلى، وإذا استطعت أن ترسم مساره عبر الغرفة فسوف يكون منحنيًا بسبب التسارع لأعلى. ينص مبدأ التكافؤ على أن هذا التأثير يظل ثابتًا سواء أكانت الغرفة تتسارع لأعلى أم تقف ساكنة في مجال جاذبية، وهكذا يجب أن يظهر الضوء منحنيًا عندما يخترق مجال جاذبية.

وطوال أربع سنوات تقريبًا بعد افتراض هذا المبدأ، لم يستخدمه أينشتاين كثيرًا، لكنه ركز على كمات الضوء. وعام 1911 اعترف (لميكيلي بيسو) أنه سئم من الكمات، وصرف انتباهه مرة أخرى للتوصل إلى نظرية مجال للجاذبية تساعده على تعميم النسبية، وكانت مهمة استغرقته أربع سنوات أخرى، وانتهت باكتشاف عبقري في نوفمبر/ تشرين الثاني عام 1915.

وفي بحث أرسله إلى المجلة في يونيو/ حزيران 1911 بعنوان «تأثير الجاذبية على انتشار الضوء»، التقط فكرته من عام 1907 وعبر عنها تعبيرًا دقيقًا، وبدأ البحث قائلًا: «في مذكرة نشرت منذ أربع سنوات حاولت الإجابة عن سؤال هل يتأثر انتشار الضوء بالجاذبية، وأنا أرى الآن أن واحدة من أهم نتائج معالجتي السابقة يمكن اختبارها بالتجربة». وبعد سلسلة من الحسابات توصل أينشتاين إلى فرضية عن الضوء المار خلال مجال تجاذبي بالقرب من الشمس، فقال: «إن شعاع الضوء الذي يمر أمام الشمس سوف يعاني انحرافًا قدره 0.83 ثانية قوسية».

مرة أخرى كان يستنتج نظرية من مبادئ وفرضيات كبرى، وبعد ذلك اشتق بعض التنبؤات التي يمكن أن يختبها المجربون. وكما حدث من قبل، فقد أنهى بحثه بأن طلب هذا الاختبار فقط، وقال: «لما كان يمكن رؤية النجوم في مناطق السماء القريبة من الشمس بوضوح أثناء الكسوف الكلي للشمس، فإنه يمكن رصد هذه النتيجة للنظرية، وسوف يكون أمرًا مرغوبًا إذا أعارها الفلكيون اهتمامًا كافيًا».

قرأ البحث إروين فينلي فروينذليتش الفلكي الشاب بمرصد جامعة برلين، وأصبح يتطلع برغبة شديدة لإجراء هذا الاختبار، لكن الاختبار

لا يمكن إجـراؤه إلا عند حدوث كسوف للشمس، وعندما يكون ضوء النجوم المار بالقرب من الشمس مرئيًا، ولن يكون هناك كسوف مناسب لسنوات ثلاث أخرى.

لذا اقترح (فروينדليتش) أن يحاول قياس انحراف ضوء النجوم الذي يسببه مجال جاذبية المشتري، وللأسف لم يكن المشتري على درجة من الضخامة تكفي لهذه المهمة، وأخذ أينشتاين يمزح مع فروينדليتش في نهاية ذلك الصيف وقاله له: «لو كان لدينا كوكب أكبر من كوكب المشتري، لكن الطبيعة تجعل من اكتشاف قوانينها مهمة صعبة علينا».

أدت نظرية انحناء أشعة الضوء إلى بعض الأسئلة الجديدة بالاهتمام، فالتجارب اليومية تظهر أن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة، ويستخدم النجارون حاليًا أجهزة الليزر المساحية لعمل خطوط مستقيمة، وإنشاء منازل مستوية، وإذا انحنى شعاع ضوئي عند مروره بمناطق مجالات جاذبية متغيرة، فكيف يمكن تحديد الخط المستقيم؟

قد يكون أحد الحلول أن نشبه مسار شعاع الضوء خلال مجال جاذبية متغير بالخط المرسوم على سطح كرة أو أي سطح ملفوف، وفي تلك الحالات تكون أقصر مسافة بين نقطتين منحنية مسافة جيوديسية، مثل قوس كبير أو مسار دائرة كبيرة على سطح الكرة الأرضية، وربما يعني انحناء الضوء أن نسيج الفضاء – الذي ينتقل خلاله شعاع الضوء – قد انحنى بفعل الجاذبية، وأقصر مسار خلال منطقة فضاء منحنية بفعل الجاذبية قد يختلف تمامًا عن الخطوط المستقيمة للهندسة الإقليدية.

كانت هناك فكرة أخرى لحل المشكلة، وهي أنه قد يكون المطلوب شكل جديد من الهندسة، وقد أصبح ذلك واضحًا لأينشتاين عندما

درس حالة القرص الدوار، فعندما يدور القرص حول نفسه فإن محيطه ينكمش في اتجاه حركته عندما يرصد من إطار إسناد شخص لا يدور معه، ومع ذلك فإن قطر الدائرة لا يطرأ عليه أي انكماش، وهكذا فإن نسبة محيط القرص إلى قطره لم تعد تعطى بالمعامل (ط)، ولا تطبق الهندسة الإقليدية على تلك الحالات.

والحركة الدوارة هي شكل من أشكال التسارع، لأنه في كل لحظة تعاني نقطة على الحافة تغيرًا في الاتجاه، والذي يعني أن سرعتها (مجموع السرعة والاتجاه) تتغير، ولما كانت الهندسة غير الإقليدية ضرورية لوصف هذا النوع من التسارع وفقًا لمبدأ التكافؤ، فقد تكون مطلوبة للجاذبية أيضًا.

ولسوء الحظ، كما أثبت في معهد زيورخ الفني، لم تكن الهندسة غير الإقليدية من نقاط التميز عن أينشتاين، ولحسن الحظ فقد كان لديه صديق قديم وزميل دراسة في زيورخ لديه هذه الميزة.

عندما انتقل أينشتاين من براغ إلى زيورخ في يوليو/ تموز 1912، كان من أحد الأشياء التي قام بها زيارة صديقه مارسيل جروسمان، الذي كان يكتب المذكرات التي يستخدمها أينشتاين عندما يتغيب عن حضور محاضرات الرياضيات بمعهد زيورخ الفني. فقد حصل أينشتاين على 4.25 درجة من مجموع 6 درجات في مقرري الهندسة بالمعهد الفني، وحصل جروسمان على الدرجة النهائية في مقررات الهندسة، وكتب رسالته عن الهندسة غير الإقليدية، ونشر سبعة أبحاث عن هذا الموضوع، وأصبح الآن رئيسًا لقسم الرياضيات بالمعهد.

قال أينشتاين: «يجب أن تساعدني يا جروسمان وإلا فسوف أصاب

بالجنون»، وشرح أنه بحاجة إلى نظام رياضي يمكنه أن يعبر عن – وربما يساعده أيضًا على اكتشاف – القوانين التي تحكم مجال الجاذبية، ووصف أينشتاين استجابة جروسمان فقال: «في الحال اشتعل نشاطًا وحماسة».

حتى ذلك الحين كان نجاح أينشتاين العلمي يقوم على موهبته الخاصة في اكتشاف المبادئ الفيزيائية الأساسية للطبيعة، وقد ترك للآخرين المهمة التي بدت له أقل رفعة لإيجاد أفضل التعبيرات الرياضية لهذه المبادئ، كما فعل زميله مينكوفسكي بزيورخ بالنسبة للنسبية الخاصة.

في عام 1912 استطاع أينشتاين أن يولي اهتمامًا للرياضيات لأنها يمكن أن تكون وسيلة اكتشاف – وليس فقط وصف – قوانين الطبيعة. كانت الرياضيات كتاب ألعاب الطبيعة. يقول الفيزيائي جيمس هارتل: «الفكرة الرئيسية في النسبية العامة هي أن الجاذبية تنشأ عن انحناء الزمكان، فالجاذبية هي الهندسة».

كتب أينشتاين إلى الفيزيائي أرنولد سومرفيلد يقول: «أنا لا أعمل الآن إلا في مسألة الجاذبية، وأعتقد أنني سوف أتغلب على كل الصعوبات بمساعدة صديق رياضي هنا. لقد أوليت احترمًا كبيرًا للرياضيات التي لا أزال أدرس أكثر أجزائها غموضًا حتى الآن، وكنت أعتبرها جهلًا مني شيئًا ترفيًا محضًا!»

عاد جروسمان إلى بيته للتفكير في المسألة. وبعد الرجوع إلى كل ما كتب عن الموضوع عاد إلى أينشتاين وأوصى باستخدام قوانين الهندسة غير الإقليدية التي استنبطها برنهارد ريمان.

كان ريمان (1826–1866) عبقريًا، حيث اخترع تقويمًا دائمًا وهو في الرابعة عشر وأهداها لوالديه، ومضى يدرس في مركز الرياضيات

الكبير في جوتنجن بألمانيا تحت إشراف كارل فريدريخ جاوس، الذي كان رائدًا في هندسة الأسطح المنحية، وكان هذا هو الموضوع الذي حدده جاوس لريمان في رسالة البحث، وكانت النتيجة تحولًا ليس فقط في الهندسة بل في الفيزياء أيضًا.

تصف الهندسة الإقليدية الأسطح المستوية، لكنها لا تنطبق على الأسطح المنحية، وعلى سبيل المثال فإن مجموع زوايا المثلث على صفحة مستوية يساوي 180 درجة. ولكن انظر إلى الكرة الأرضية وتخيل مثلثًا يتكون من قاعدة عند خط الاستواء، ويمتد أحد أضلاعه من خط الاستواء إلى القطب الشمالي عبر لندن (خط الطول صفر درجة)، ويمتد الضلع الثالث من خط الاستواء إلى القطب الشمالي مارًا بنيوأورليانز (خط الطول 90 درجة). فإذا نظرت إلى هذا المثلث على سطح الكرة الأرضية فسوف ترى أن جميع زوايا المثلث زاويا قائمة، وهو أمر مستحيل بالطبع في عالم أقليدس الذي يتعامل مع الأسطح المستوية.

طور جاوس وآخرون أنواعًا مختلفة من الهندسة تصف أسطح الكرات وغيرها من الأسطح المنحية. وقد أجرى (ريمان) مزيدًا من البحث، فابتكر طريقة لوصف أي سطح مهما تغيرت هندسته، حتى لو تحول من الكروي إلى المسطح إلى القطع الزائد من نقطة إلى أخرى، وقد تجاوز أيضًا التعامل مع تكور أسطح ذات بعدين فقط واعتمد على عمل جاوس، واكتشف طرقًا عديدة يمكن أن تصف رياضيات تكور السطح ثلاثية الأبعاد وحتى الرباعية الأبعاد.

وهذا مفهوم صعب، إذ يمكننا أن نتصور خطًا أو سطحًا منحنيًا، لكن من الصعب أن نتخيل كيف يبدو فضاء ثلاثي الأبعاد، وناهيك عن

الفضاء رباعي الأبعاد. وأما الرياضيون الذين يوسعون مفهوم التكور إلى أبعاد مختلفة، فالأمر لهم سهل أو على الأقل يمكن تصوره، وهذا يتضمن استخدام مفهوم النظام المتري الذي يحدد كيفية حساب المسافة ما بين نقطتين في الفراغ.

وعلى سطح مستوٍ به إحداثيات عادية (س) و(ص)، فأي طالب ثانوي يدرس الجبر يستطيع بواسطة نظريات فيثاغورس أن يحسب المسافة بين نقطتين، لكن تخيل خريطة مسطحة (للعالم على سبيل المثال) تمثل مواقع منحنية على سطح الكرة الأرضية، فالأشياء تتكمش كلما اتجهنا نحو القطبين، وتصبح القياسات أكثر تعقيدًا. وحساب المسافة الحقيقية بين نقطتين على الخريطة في جرينلند يختلف عن حساب المسافة بين نقطتين بالقرب من خط الاستواء. واستنبط ريمان طرقًا لتحديد المسافة رياضيًا بين نقطتين في الفراغ، بصرف النظر عن كونها منحنية وملتوية.

استخدم (ريمان) في ذلك شيئًا يطلق عليه كمية ممتدة، وفي الهندسة الإقليدية يعتبر المتجه كمية (مثل السرعة أو القوة) لها مقدار واتجاه، وبذلك يحتاج وصفها أكثر من مجرد عدد، وفي الهندسة غير الإقليدية، حيث الفضاء منحنٍ، نحتاج شيئًا أكثر عمومية – نوعًا من المتجهات أو السترويدات – لكي ندمج بطريقة رياضية منظمة عناصر أخرى، وتسمى هذه العناصر بالكميات الممتدة.

والكمية الممتدة المترية هي أداة رياضية تدلنا على كيفية حساب المسافة بين نقطتين في فضاء معين. وبالنسبة للخرائط ذات البعدين (المسطحة) فإن الكمية الممتدة المترية لها ثلاثة عناصر، وبالنسبة

للفضاء ثلاثي الأبعاد فإن لها ستة عناصر مستقلة، وما أن تحصل على الكيان البديع ذي الأبعاد الأربعة والمعروف بالزمكان، تتطلب الكمية الممتدة المترية عشرة عناصر مستقلة.

ساعد ريمان على ابتكار مفهوم للكمية الممتدة المترية يرمز له بالرمز (جي- ميو- نيو)، وينطق جي- ميو- نيو، وكان به ستة عشر عنصرًا، عشرة منها مستقلة عن الأخرى، ويمكن استخدامها في تحديد وصف مسافة في زمكان منحن ذي أربعة أبعاد.

الشيء المفيد في الكمية الممتدة لريمان، وكذلك الكميات الممتدة الأخرى التي أخذها أينشتاين وجروسمان عن الرياضيين الإيطاليين جريجوريو ريتشي- كرباسترو وتوليو ليفي- سيفيتا، هو أنها متغير مشارك عمومًا، وكان هذا مفهومًا مهمًا لأينشتاين عندما كان يحاول تعميم نظرية النسبية، ويعني ذلك أن العلاقات بين مكوناتها تظل كما هي حتى لو كانت هناك تغيرات عشوائية أو دورانات في نظام إحداثيات المكان والزمان، وبمعنى آخر فإن المعلومات المشفرة في هذه الكميات الممتدة يمكن أن تطرأ عليها عدة تحولات بناء على إطار إسناد متغير، وتظل القوانين الأساسية التي تحكم علاقة المكونات بعضها ببعض ثابتة.

كان هدف أينشتاين عندما تابع نظريته العامة للنسبية إيجاد المعادلات الرياضية التي تصف عمليتين متكاملتين:

(1) كيف يؤثر مجال جاذبية على مادة، ويخبرها كيف تتحرك.

(2) وبالتالي: كيف تولد المادة مجالات جاذبية في الزمكان، وتخبرها كيف ينحني.

كانت فكرته الرئيسية هي أنه يمكن تعريف الجاذبية بأنها التكور

في الزمكان، وبذلك يمكن تمثيلها بكمية ممتدة مترية. ولأكثر من ثلاث سنوات كان يبحث بشكل متقطع عن المعادلات الصحيحة لإكمال مهمته.

وبعد سنوات أخرى، عندما سأله ابنه الأصغر إدوارد، لماذا كان على درجة من الشهرة، رد أينشتاين باستخدام صورة بسيطة لوصف فكرته العظيمة بأن الجاذبية هي انحناء نسيج الزمكان. وقال: «عندما تزحف خنفساء عمياء فوق فرع شجرة منحن، فهي لا تلاحظ أن المسار الذي قطعته منحن بالفعل، لقد كنت محظوظًا بأن لاحظت ما لم تلاحظه الخنفساء».

منذ بداية ذلك الصيف عام 1912 ناضل أينشتاين لتطوير معادلات مجال الجاذبية باستخدام الكميات الممتدة باتباع نهج ريمان وريتشي وغيرهما. وقد احتفظ بجولته الأولى من جهوده المتقطعة في نوتة مذكراته. وعلى مدى سنوات فحص فريق من العلماء منهم يورجين رين وجون دي نورتون، وتيلمان سوير، وميشل يانسن، وجون ستاشل «مذكرة زيورخ» هذه وحللها.

وفيها اتبع أينشتاين منهجًا يقوم على محورين؛ فمن ناحية شغل نفسه بما أسماه «استراتيجية فيزيائية» حاول فيها بناء المعادلات الصحيحة من مجموعة متطلبات أملاها فهمه للفيزياء، وتابع في نفس الوقت «استراتيجية رياضية» حاول فيها استنتاج المعادلات الصحيحة من متطلبات رياضية أكثر شكلية باستخدام تحليل الكمية الممتدة الذي أوصى به جروسمان وآخرون.

وبدأت «الإستراتيجية الفيزيائية) لأينشتاين مع سعيه لتعميم مبدأ النسبية، بحيث ينطبق على راصدين يتسارعون أو يتحركون حركة عشوائية، وكانت أية معادلة مجال جاذبية يستنبطها لا بد وأن تفي

بالمتطلبات الفيزيائية الآتية:

* يجب أن تعود إلى النظرية النيوتينية في الحالة الخاصة لمجالات الجذب الضعيفة والاستاتيكية. وبمعنى آخر، تصف نظريته قوانين نيوتن المعروفة للجاذبية والحركة، في ظل ظروف طبيعية معينة.
* يجب أن تحافظ على قوانين الفيزياء الكلاسيكية وبخاصة قانون حفظ الطاقة وكمية الحركة.
* يجب أن تحقق مبدأ التكافؤ، الذي ينص على أن تكون الأرصاد التي يقوم بها راصد في حالة تسارع منتظم مكافئة للأرصاد التي يقوم بها راصد موجود في مجال جاذبية مشابه.

من ناحية أخرى ركزت «الإستراتيجية الرياضية» لأينشتاين على استخدام المعارف الرياضية العامة حول الكمية الممتدة المترية لإيجاد معادلة مجال جاذبية متشاركة التغاير عمومًا (أو على الأقل بدرجة كبيرة).

ونجحت العملية في كلا الطريقين الأولي: يختبر أينشتاين معادلات مستخرجة من متطلباته الفيزيائية للتحقق من خواصها المتشاركة التغاير، والثانية: يختبر المعادلات التي نشأت من صياغات رياضية أنيقة ليرى إن كانت تفي بمتطلبات الفيزياء الخاصة به. يقول جون نورتون «في كل صفحة من صفحات مذكرته تعامل مع المشكلة من أحد الجانبين، هنا يكتب تعبيرات تقترحها المتطلبات الفيزيائية للحد النيوتني وحفظ الطاقة- كمية الحركة، وهناك يكتب تعبيرات تقترحها الكميات المتغيرة المتشاركة عمومًا، التي توفرها رياضيات ريتشي وليفي- سيفيتا».

لكن شيئًا محبطًا قد حدث، لم تتوافق مجموعتا المتطلبات، أو على

الأقل ظن أينشتاين أنهما لم تتوافقا، فلم يستطع التوفيق بين النتائج المستخرجة من إحدى الاستراتيجيات ومتطلبات الإستراتيجية الأخرى.

وباستخدام استراتيجيته الرياضية اشتق بضع معادلات غاية في الأناقة، وبناء على اقتراح جروسمان بدأ يستخدم كمية ممتدة ابتكرها ريمان، وبعد ذلك كمية ممتدة أكثر ملاءمة ابتكرها ريتشي، وفي الختام، مع نهاية 1912، استنبط معادلة مجال باستخدام كمية ممتدة كانت – كما اتضح – قريبة جدًا من الكمية الممتدة التي سيستخدمها في النهاية في الصياغة الأخيرة في أواخر نوفمبر/ تشرين الثاني 1915. وبمعنى آخر، فقد توصل في مذكرته بزيورخ إلى ما كان قريبًا جدًا من الحل الصحيح.

وبعد ذلك رفضها، وظلت راكدة أكثر من عامين في كومة الأوراق التي كان يتخلص منها لماذا؟ من بين اعتبارات أخرى، اعتقد أينشتاين (وكان مخطئًا نوعًا ما) أن هذا الحل لن يقلل من قوانين نيوتن في المجالات الضعيفة والاستاتيكية. وعندما حاول بطرق مختلفة، لم تف بمطلب حفظ الطاقة وكمية الحركة. وعندما أدخل شرط الإحداثي الذي يسمح للمعادلات بأن تفي بأحد هذه المتطلبات، تثبت أنه غير متوافق مع الشروط المطلوبة للوفاء بالمطلب الآخر.

نتيجة لذلك قلل أينشتاين من اعتماده على الإستراتيجية الرياضية، وكان قرارًا أسف عليه فيما بعد. وبالفعل بعد أن عاد في النهاية إلى الإستراتيجية الرياضية، وقد ثبت أنها ناجحة بصورة مذهلة، أعلن منذ ذلك الحين المزايا العلمية والفلسفية للتمسك بالشكلية الرياضية.

أبحاث نيوتن عام ١٩١٣

في مايو/ أيار 1913، وبعد أن رفض المعادلات المشتقة من الإستراتيجية الرياضية، أنتج أينشتاين وجروسمان نظرية بديلة تمهيدية قائمة بدرجة أكبر على الإستراتيجية الفيزيائية، وقد نشأت معادلاتها لتوافق متطلبات حفظ الطاقة وكمية الحركة وتتوافق مع قوانين نيوتن لمجال استاتيكي ضعيف.

ومع أنه لم يبد أن هذه المعادلات قد حققت هدف كونها متغايرة بصورة ملائمة، فقد شعر أينشتاين وجروسمان أنهما بذلا أقصى ما في وسعهما في الوقت الحالي، وأظهر عنوان البحث ترددهما: «موجز لتعميم نظرية النسبية ونظرية الجاذبية». وهكذا أصبح البحث يعرف بـEntwutf، وهو المصطلح الألماني الذي استخدمه أينشتاين لكلمة «موجز».

ولبضعة شهور بعد إنتاج الموجز كان أينشتاين مسرورًا ومرهقًا، وكتب لإلسا: «لقد استطعت أخيرًا أن أحل المسألة منذ بضعة أسابيع، إنها امتداد جريء لنظرية النسبية، ونظرية الجاذبية. والآن لا بد أن أعطي نفسي بعض الراحة وإلا صرت حطامًا».

غير أنه سرعان ما شكك فيما توصل إليه، وكلما فكر في الموجز أدرك أن معادلاته لم تف بهدف كونها عامة أو حتى متشاركة في التغاير على نحو أكبر. وبمعنى آخر، طريقة تطبيق المعادلات على أشخاص في حركة متسارعة عشوائية ربما لا تكون دائمًا ثابتة.

ولم تقو ثقته بالنظرية عندما جلس مع صديقه القديم ميكيلي بيسو، الذي جاء لزيارته في يونيو/ حزيران عام 1913، لدراسة آثار نظرية الموجز، وقد نتج عن مشاوراتهما أن كتبا أكثر من خمسين صفحة من المذكرات، وكتب كل منهما حوالي النصف، وحللت هذه المذكرات كيفية

توافق الموجز مع بعض الحقائق اللافتة للنظر التي كانت معروفة حول مدار عطارد.

منذ أربعينيات القرن التاسع عشر كان العلماء قلقين بشأن الإزاحة الصغيرة وغير المفسرة في مدار عطارد، والحضيض الشمسي هو بقعة في المدار البيضاوي للكوكب يكون عندها أقرب ما يكون من الشمس، وعلى مدى سنوات انزلقت هذه البقعة في مدار عطارد بمقدار يزيد - حوالي 43 ثانية قوسية كل قرن - عما تبرره قوانين نيوتن. وفي البداية كان يفترض أن بعض الكواكب غير المكتشفة تتجذب بقوة نحوه، على نحو يشبه الطريقة التي أدت في السابق إلى اكتشاف كوكب نبتون. والفرنسي الذي اكتشف البعد الزاوي لكوكب عطارد حسب أيضًا أين سيوجد هذا الكوكب، وأطلق عليه فولكان. لكنه لم يكن هناك.

كان أينشتاين يأمل في أن تفسر نظريته الجديدة للنسبية - عندما تطبق معادلات مجالا الجاذبية الخاصة بها على الشمس ومدار عطارد، ولسوء الحظ، بعد كثير من الحسابات وتصحيح الأخطاء توصل هو وبيسو إلى قيمة 18 ثانية قوسية لكل قرن عن البعد الذي يجب أن يشرده الحضيض الشمسي لعطارد، وهو ما كان بعيدًا كل البعد عن الصواب. وأقنعت النتيجة الضعيفة أينشتاين بألا ينشر حسابات عطارد، لكنها لم تقنعه بأن يرفض نظرية الموجز على الأقل حتى ذلك الحين.

بحث أينشتاين وبيسو أيضًا هل يمكن اعتبار الدوران شكلًا من أشكال الحركة النسبية في ظل معادلات نظرية الموجز. وبمعنى آخر، تخيل أن راصدًا يدور ويخضع لقصور ذاتي، هل من الممكن أن تكون هذه حالة أخرى أيضًا للحركة النسبية، ولا يمكن تمييزها عن راصد في

حالة سكون وبقية الكون يدور من حوله؟

كانت أكثر التجارب الفكرية شهرة مشابهة لما وصفه نيوتن في الكتاب الثالث من البرنكيبيا؛ تخيل أن دلوًا يبدأ في الدوران عند تعليقه بحبل، وفي البداية يبقى الماء في الدلو ساكنًا نوعا ما ومسطحًا، لكن سرعان ما يؤدي احتكاك الدلو إلى أن يدور الماء

دورانًا سريعًا معه، ويتخذ شكلًا مقعرًا، لماذا؟ لأن القصور الذاتي يجعل الماء الدوار يندفع للخارج، ولذلك يندفع الماء على جانب الدلو لأعلى.

نعم، ولكن إذا شككنا في أن جميع الحركات نسبية، فسوف نسأل: إلام نسبة ينسب دوران الماء؟ ليس إلى الدلو، لأن الماء يكون مقعرًا عندما يدور مع الدلو، وأيضًا عندما يتوقف الدلو ويستمر الماء في الدوران بالداخل لفترة، ربما يدور الماء بالنسبة لأجرام قريبة مثل الأرض التي تولد قوة جاذبية.

وتخيل أن الدلو يدور حول نفسه في فضاء عميق بلا جاذبية ولا نقاط إسناد، أو تخيل أنه يدور وحده في كون فارغ ليس فيه سواه، هل سيكون هناك قصور ذاتي؟ يعتقد نيوتن بوجود قصور ذاتي، ويرجع سببه إلى دوران الدلو بالنسبة إلى الفضاء المطلق. وعندما جاء البطل السابق لأينشتاين – وهو إرنست ماخ – في منتصف القرن التاسع عشر، كشف حقيقة هذه الفكرة للفضاء المطلق، وقال إن القصور الذاتي موجود لأن الماء يدور بالنسبة لبقية المادة الموجودة في الكون، وقال إنه يمكن ملاحظة نفس التأثيرات إذا كان الدلو ساكنًا وبقية الكون يدور حوله.

كان يأمل أينشتاين أن يكون للنظرية العامة للنسبية ما أسماه "مبدأ ماخ" كواحد من معايير اختبارها، وقد شعر بسعادة عندما حلل

المعادلات الموجودة في نظرية الموجز، وانتهى إلى أنها تتنبأ بأن هذه التأثيرات ستظل كما هي، سواء أكان الدلو يدور أم كان ساكنًا، بينما بقية الكون تدور.

أو هكذا ظل أينشتاين، وأجرى هو وبيسو سلسلة حسابات ماهرة جدًا تهدف إلى إظهار إن كانت هي الحالة بالفعل، وفي مذكرتهما كتب أينشتاين تعجبًا بَسيطًا مفرحًا لما ظهر أنه النتيجة الناجحة لهذه الحسابات: "إنها صحيحة".

وللأسف فقد وقع هو وبيسو في بعض الأخطاء في هذا العمل، وسوف يكتشف أينشتاين في النهاية تلك الأخطاء بعد سنتين أخريين، ويدرك في حزن أن الموجز لم يف في الحقيقة بمبدأ ماخ. وأغلب الظن أن بيسو قد حذره بالفعل أن تلك ربما تكون الحالة، ففي مذكرة كتبها في أغسطس/ آب 1913، اقترح بيسو أن "الدوران المتري" ليس هو الحل الذي تسمح به معادلات المجال في الموجز.

ورفض أينشتاين هذه الشكوك في خطاياته إلى بيسو وماخ وغيرهما، على الأقل في ذلك الوقت. كتب أينشتاين إلى ماخ بعد أيام من نشر الموجز: "إذا دعمت التجارب صحة النظرية فإن اختباراتك الرائعة عن أسس الميكانيكا سوف تلقى تأكيدًا رائعًا، لأنها توضح أن القصور الذاتي يرجع إلى نوع من التفاعل بين الأجسام، بما يتفق تمامًا مع إثباتك لتجربة دلو نيوتن".

ما أقلق أينشتاين بدرجة أكبر بشأن الموجز هو أن معادلاته الرياضية لم تثبت أنها متشاركة التغاير بصورة عامة، وقلل بذلك من أهمية هدفه في التأكيد على أن قوانين الطبيعة لا تتغير بالنسبة لراصد في حركة

تسارعية أو عشوائية، كما هو الحال بالنسبة لراصد يتحرك بسرعة ثابتة. وكتب ردًا على خطاب تهنئة ودي من لورنتز: "للأسف لا تزال المسألة كلها غير محسومة، حتى إن ثقتي بالنظرية لا تزال مزعزعة نوعًا ما. ولسوء الحظ فإن معادلات الجاذبية ذاتها ليست بها خاصية المشارك المتغاير عمومًا".

وسرعان ما استطاع إقناع نفسه، على الأقل لفترة، بأن ذلك لا مفر منه، واعتمد في ذلك جزئيًا على تجربة فكرية أصبحت تعرف بـ"برهان الثقب" وكان يبدو أنها توحي بأنه من المستحيل التوصل إلى الكأس المقدسة لصنع معادلات مجال جاذبية متغايرة بصفة عامة، أو على الأقل أنها غير مهمة من الناحية الفيزيائية، وكتب إلى صديق: "حقيقة أن معادلات الجاذبية ليست متغايرة بصفة عامة – وهو أمر أزعجني تمامًا لبعض الوقت – حقيقة حتمية. فيمكن أن نثبت بسهولة عدم وجود نظرية ذات معادلات متغايرة بصفة عامة إذا كان المطلب هو أن يتحدد المجال رياضيًا على نحو كامل بواسطة المادة".

في ذلك اعتنق عدد قليل جدًا من الفيزيائيين نظرية أينشتاين الجديدة، وظهر كثير من المعارضين. وأعرب أينشتاين عن سروره بأن موضوع النسبية "يناقش على الأقل بالحماس المطلوب"، وكما قال لصديقه زانجر: "إنني أستمتع بالجدل".

وخلال هذا كله ظل أينشتاين يحاول إنقاذ منهجه في الموجز، واستطاع إيجاد طرق – أو كذلك ظن – لتحقيق تغاير كاف للوفاء بمعظم أوجه مبدئه الخاص بتكافؤ الجاذبية والعجلة. وكتب إلى زانجر في أوائل عام 1914: "لقد نجحت في إثبات أن معادلات الجاذبية تصلح لأطر الإسناد

المتحركة حركة عشوائية، وهكذا فإن فرضية تكافؤ العجلة ومجال الجاذبية صحيحة تمامًا. إن الطبيعة لا تظهر لنا إلا ذيل الأسد، لكنني لا يساورني الشك في وجود الأسد حتى إن لم يكشف عن نفسه في الحال، ونحن لا نراه إلا بالطريقة التي تراه بها قملة تمشي على ظهره".

فروينespecialmente ليش وكسوف عام ١٩١٤

أدرك أينشتاين أن هناك طريقة واحدة لإخماد الشكوك، وكثيرًا ما كان يختم أبحاثه باقتراحات عن كيف يمكن للتجارب المستقبلية أن تؤكد النظريات التي يطرحها، وفي حالة النسبية العامة بدأت هذه العملية عام 1911، عندما حدد ببعض الدقة مدى انحراف الضوء القادم من نجم بواسطة جاذبية الشمس.

وهذا شيء يمكن قياسه عن طريق تصوير النجوم التي يمر ضوؤها بالقرب من الشمس، وتحديد ما إذا كانت ستظهر إزاحة بسيطة في مواضعها بمقارنتها عند عدم مرور ضوئها بالقرب من الشمس، وقد تطلب ذلك تجربة يجب أن تجرى أثناء خسوف الشمس، عندما يكون ضوء النجم مرئيًا.

لذا لم يكن مدهشًا ونظريته تتعرض لهجوم من الزملاء، وشكوك هادئة في عقله، أن يهتم أينشتاين بشدة بما يمكن اكتشافه أثناء الكسوف الكلي القادم للشمس، الذي كان مقررًا حدوثه في 21 أغسطس/ آب 1914. وكان ذلك يتطلب السفر إلى منطقة القرم بروسيا، حيث يسقط مسار الكسوف الكلي.

كان أينشتاين متلهفًا لاختبار نظريته خلال الكسوف لدرجة أنه عندما اكتشف أنه لا يوجد ما يكفي من المال لسفر البعثة إلى القرم، عرض دفع

جزء من تكاليف البعثة بنفسه. وكان إروين فروينedليش، فلكي برلين الشاب الذي كان قد قرأ تنبوءات انحناء الضوء في بحث أينشتاين عام 1911 وأصبح متشوقًا لإثبات صحته، مستعدًا للقيام بهذه المهمة. وكتب إليه أينشتاين في أوائل عام 1912: "أنا في غاية السرور لاهتمامك بمسألة انحناء الضوء بهذه الحماسة الشديدة". وفي أغسطس/ آب 1913 كان لا يزال يمطر عالم الفلك بوابل من التشجيع، فكتب إليه يقول: "لا يستطيع المنظرون القيام بأكثر من ذلك، وفي هذا الخصوص تستطيعون أنتم فقط أيها الفلكيون القيام بخدمة لا تقدر بثمن للفيزياء النظرية العام القادم".

تزوج فروينedليش في أغسطس /آب 1913، وقرر أن يقضي شهر العسل في الجبال القريبة من زيورخ على أمل أن يقابل أينشتاين، وقد أفلح، وعندما وصف فروينedليش برنامج شهر العسل في خطابه دعاه أينشتاين لزيارته. وكتب فروندليش لخطيبته: "هذا رائع لأنه يتفق مع خططناه، ولا نعلم رد فعلها على فكرة قضاء جزء من شهر العسل من فيزيائي نظري لم تقابله من قبل.

عندما خرج العروسان من محطة قطار زيورخ كان هناك أينشتاين أشعث الشعر، يرتدي كما أطلقت عليه زوجة فروينedليش قبعة كبيرة من القش، وبجواره الكيميائي البدين فرتز هابر. اصطحب أينشتاين المجموعة إلى مدينة قريبة كان يلقي بها محاضرة، ودعاهم بعد ذلك إلى تناول الغداء، ومما لا يثير الدهشة أنه نسي إحضار محفظة نقوده معه، وأعطاه مساعد رافقه إلى المطعم ورقة بفئة 100 فرنك من تحت المائدة. ومعظم النهار ناقش فروينedليش الجاذبية الضوء مع أينشتاين، حتى عندما ذهبت المجموعة سيرًا على الأقدام لتستمتع بالطبيعة ترك

زوجته الجديدة تستمتع بالمنظر بهدوء.

وفي خطبته التي ألقاها ذلك اليوم، والتي كانت عن النسبية العامة، قدم أينشتاين فروينdليش إلى الحضور ووصفه بأنه "الرجل الذي سيختبر النظرية السنة القادمة". غير أن المشكلة كانت تنحصر في جمع الأموال. وفي الوقت الذي كان يحاول فيه بلانك وآخرون إغراء أينشتاين بترك زيورخ والذهاب إلى برلين ليصبح عضوًا في الأكاديمية البروسية، استعمل أينشتاين الملاطفة وكتب إلى بلانك يحفزه على توفير المال لفرويدليش للقيام بالمهمة.

والواقع أنه في نفس اليوم الذي قبل فيه أينشتاين رسميًا العمل ببرلين والانضمام إلى الأكاديمية – في 7 ديسمبر/ كانون الأول 1913 – كتب لفروينdليش يعرض تمويل التجربة من جيبه الخاص. قال أينشتاين: "إذا امتنعت الأكاديمية عن التمويل فسوف نحصل على بعض المال المطلوب من أفراد. وإذا فشل كل ذلك فسوف أمول التجربة بنفسي من مدخراتي، على الأقل الألفي مارك الأولى". وأكد أينشتاين أن المهم هو أن يواصل فروينdليش استعداداته، وقال له: "امش قدمًا واطلب الألواح الفوتوغرافية، ولا تدع الوقت يضيع بسبب مشكلة المال".

وكما اتضح، كانت هناك تبرعات خاصة كافية، جاءت أساسًا من مؤسسة كروب لتسهيل المهمة. وكتب أينشتاين: "يمكنك أن تتخيل كم أنا سعيد بأن الصعوبات الخارجية في مهتك قد جرى التغلب عليها تقريبًا". وأضاف معربًا عن ثقته بنتائج التجربة: "لقد درست النظرية من كافة الزوايا، ولدى كل الثقة في هذا الموضوع".

غادر فروينdليش واثنان من زملائه برليم في 19 يونيو/ تموز

متجهين إلى القرم، حيث سينضم إليهم مجموعة من مرصد كوردوبا في الأرجنتين، وإذا سارت الأمور على ما يرام فسوف يكون لديهم دقيقتان لالتقاط صور يمكن استخدامها في تحليل ما إذا كان ضوء النجم سينحرف بفعل جاذبية الشمس.

ولم تأت الرياح بما لا تشتهي السفن، فقبل عشرين يومًا من الخسوف اشتعلت الجرب العالمية الأولى في أوروبا، وأعلنت ألمانيا الحرب على روسيا، ووقع فرويندليش وزملاؤه الألمان أسرى في يد الجيش الروسي، وصودرت أجهزتهم. وما لا يثير الدهشة أنهم لا يستطيعوا إقناع الجنود الروس بأنهم، بكل كاميراتهم القوية وأجهزة الرصد، مجرد فلكيين يخططون للنظر نحو النجوم من أحل فهم أفضل لأسرار الكون.

وحتى لو كان الجنود قد سمحوا لهم بالمرور، فقد كان من المحتمل أن تفشل الأرصاد، فقد كانت السماء ملبدة بالغيوم أثناء دقائق الكسوف المعدودة، ولم تستطع مجموعة أمريكية كانت أيضًا في المنطقة الحصول على أية صور يمكن استخدامها.

غير أن إنهاء بعثة الكسوف كان له جانبه الإيجابي، فقد كان معادلات الموجز لأينشتاين خاطئة، وكانت درجة انحناء الضوء بفعل الجاذبية وفقًا لنظرية أينشتاين في ذلك الوقت هي نفسها التي تنبأت بها نظرية انبعاث الضوء لنيوتن. ولكن كما سيكتشف أينشتاين بعد سنة أخرى، فإن التنبؤ الصحيح سيكون الضعف. ولو نجح فرويندليش عام 1914، لأثبت أن أينشتاين مخطئ.

كتب أينشتاين إلى صديقه إيرنفيست: "إن صديقي الفلكي الطبيب فرويندليتش، بدلًا من اختبار الكسوف الشمسي في روسيا سوف يحتجز

أسيرًا هناك، وأنا قلق عليه". ولم يكن هناك داع للقلق. فقد أطلق سراح الفلكي الشاب عند تبادل للأسرى في غضون أسابيع.

مع ذلك كانت لدى أينشتاين دواع أخرى للقلق في أغسطس/ آب 1914، فقد نسف زواجه تمامًا، وكانت نظريته المتقنة البارعة لا تزوال بحاجة إلى بعض الجهد. والآن فإن قومية بلده الأصلي والنزعة العسكرية – وهي الصفات التي مقتها منذ الطفولة – قد أوقعتها في حرب سوف تتركه غريبًا في أرض غريبة.

أينشتاين والحرب العالمية الأولى

عاصر أينشتاين أحداث الحرب العالمية الأولى وكان التفاعل المتسلسل الذي دفع أوروبا للدخول في الحرب في أغسطس/ آب 1914 ألهب مشاعر الكبرياء الوطني لدى البروسيين، كما آثار كراهية أينشتاين الغريزية للعنف، فقد كان رجلًا رقيقًا ينفر بشدة من الصراع حتى إنه كان يلعب الشطرنج أثناء أحداث تلك الحرب وكتب إلى إيرنفيست في ذلك الشهر يقول: لقد اندفعت أوروبا في جنونها الآن إلى شيء سخيف لا يعقل. والآن يرى المرء إلى أي سلالة من الوحوش ننتمي".

ومنذ أن هرب من ألمانيا، وهو طالب بالمدرسة وتعرض للنزعة الدولية (ليوست فينتلر) في آرو، كان أينشتاين يضمر عواطف جعلته يميل إلى معارضة العنف، وفيدرالية العالم الواحد، والاشتراكية، لكنه تجنب بصفة عامة النشاط العام.

غيرت الحرب العالمية الأولى هذا، ولم يتخل أينشتاين قط عن الفيزياء، لكنه أصبح من الآن فصاعدًا لن يخجل من التعبير علنًا عن أفكاره السياسية والاجتماعية.

وجعلت لا معقولية الحرب أينشتاين يعتقد أن العلماء في واقع الأمر عليهم واجب خاص للاشتراك في الشئون العامة. وقال: "نحن كعلماء على وجه الخصوص علينا أن نشجع سياسة التعاون بين الدول، وبخاصة في الحقلين السياسي والاقتصادي، وقد اضطررنا للأسف أن نعاني إحباطات خطيرة حتى بين العلماء في هذا الشأن».وكان يروعه بصفة

خاصة العقلية المؤيدة للحرب بين أقرب زملائه، وهم العلماء الثلاثة الذين أغروه بالانتقال إلى برلين: (فرتز هابر، وفالتر نرنست، وماكس بلانك).

كان هابر كيميائيًا قصير القامة أصلع الرأس أنيق المظهر، وقد وُلد يهوديًا لكنه حاول بقوة أن يندمج في المجتمع فتنصر، وعُمد، واستعمل الملابس، والطريقة، وحتى النظارات التي تصل إلى قصبة الأنف والتي تميز الشباب البروسي الأصيل، وكان مدير معهد الكيمياء الذي يقع فيه مكتب أينشتاين، وكان يتوسط في الحرب الدائرة بين أينشتاين وماريتش شأنها شأن الحرب في أوروبا. ومع أنه كان يأمل أن يكون ضابطًا بالجيش، ولما كان أكاديميًا من أصل يهودي، فكان عليه أن يقبل رتبة رقيب.

أعد (هابر) معهده لتطوير الأسلحة الكيميائية لألمانيا، وكان قد وجد بالفعل طريقة لتخليق الأمونيا من النيتروجين، وهي التي سمحت للألمان بإنتاج المتفجرات على نطاق واسع، ووجه اهتمامه بعد ذلك إلى إنتاج غاز الكلور المميت الذي كان ينتشر إلى الخنادق لكونه أثقل من الهواء ويصيب الجنود بالاختناق بصورة مؤلمة، إذ يحرق حلوقهم ورئاتهم. وفي أبريل/ نيسان 1915 بدأت الحرب الكيميائية الحديثة عندما واجه نحو خمسة آلاف جندي فرنسي وبلجيكي هذا المصير في إيبرس Ypres، وكان هابر يشرف على الهجوم بنفسه.

أما زميله ومنافسه الأكاديمي أحيانًا (نرنست)، الذي كان يرتدي نظارة وهو في الخمسين من عمره، فقد راقبته زوجته وهو يمشي المشية العسكرية ويؤدي التحية أمام منزلهم، وبعد ذلك استقل سيارته الخاصة واتجه إلى الجبهة الغربية ليكون سائقًا متطوعًا. وبعد عودته إلى برلين أجرى تجارب على غاز الدموع وغيره من المواد المهيجة

التي يمكن استخدامها كطريقة إنسانية لإخراج العدو من الخنادق، لكن الجنرالات قرروا أنهم يفضلون الوسيلة القاتلة التي استخدمها هابر، وهكذا أصبح (نرنست) جزءًا من هذا المجهود.

حتى بلانك المبجل أيد ما أسماه «الحرب العادلة» لألمانيا، وقال لطلابه عندما ذهبوا إلى المعركة: «لقد استلت ألمانيا سيفها ضد الأرض التي تنبت بذور الخيانة والغدر».

استطاع أينشتاين أن يتجنب أن تحدث الحرب صدعًا في العلاقة بينه وبين زملائه الثلاثة، وقضى ربيع عام 1915 يعطي دروسًا في الرياضيات لابن هابر. ولكن عندما وقعوا على التماس يدافع عن السياسة العسكرية لألمانيا شعر أنه مجبر على أن يخالفهم سياسيًا.

كان الالتماس الذي نشر في أكتوبر/ تشرين الأول 1914 بعنوان «نداء إلى العالم المتحضر»، وأصبح يعرف بـ«بيان الـ93»، نسبة إلى عدد من وقع عليه من المفكرين، وقد أنكر البيان أن الجيش الألماني ارتكب أي هجوم على المدنيين، ومضى يعلن أن الحرب كانت ضرورية، وأكد: «لولا السياسة العسكرية الألمانية لانمحت الثقافة الألمانية من على وجه الأرض، وسوف نشن هذه الحرب حتى النهاية كأمة متحضرة، أمة تقدس إرث جوته وبيتهوفن وكانط، كما تقدس البيت والوطن».

لم يكن مدهشًا أن يكون من بين العلماء الذين وقعوا فيليب لينارد المتحفظ، الذي حظي بشهرة لأبحاثه في الظاهرة الكهروضوئية، والذي سيصبح فيما بعد معاديًا عنيفًا للسامية وكارهًا لأينشتاين، وما كان محزنًا هو أن هابر ونرنست وبلانك وقعوا أيضًا على الالتماس. بصفتهم مواطنين وعلماء فقد كانت لديهم ميول طبيعية للسير في ركاب الآخرين،

وكان أينشتاين من ناحية أخرى يميل غالبًا بطبيعته إلى ألا يسير في ركاب الآخرين، وكانت تلك أحيانًا ميزة له.

كان جيورج (فردريخ نيكولاي) مغامرًا ذا شخصية آسرة وطبيبًا في بعض الأحيان، وقد ولد يهوديًا (وكان اسمه الأصلي لفينتشتين) وكان صديقًا (لإلسا إلز). اشترك نيكولاي مع أينشتاين في كتابة رد مناهض للعنف، وكان بيانهما الذي أصدراه تحت عنوان «بيان للأوربيين» يدعو إلى ثقافة تسمو على القومية وتهاجم مَنْ كتبوا البيان الأصلي، ومما جاء فيه: «لقد تحدثوا بروح عدائية، فالعواطف الوطنية لا يمكن أن تبرر هذا الموقف الذي لا يستحق أن يندرج حتى الآن ضمن ما يسميه العالم حضارة».

اقترح أينشتاين على نيكولاي أن ماكس بلانك قد يرغب في التوقيع على بيانهم، مع أنه كان أحد الموقعين على البيان الأصلي، وذلك نظرًا «لتفتح عقله وحبه للخير»، وأعطى أيضًا اسم زانجر كاحتمال، لكن لم يبد أن أيًا من الرجلين كانت لديه الرغبة في التورط. وفي إشارة توضح النزعة السائدة في ذلك العصر، لم يستطع أينشتاين ونيكولاي أن يحصلا إلا على اثنين من المؤيدين، لذا تخليا عن البيان، ولم ينشر في ذلك الوقت.

أصبح أينشتاين أيضًا من أوائل الأعضاء في عصبة وطن الأسلاف الجديدة الليبرالية المعارضة للعنف التي كانت تنادي بسلام مبكر، وتأسيس كيان فيدرالي في أوروبا لتجنب الصراعات في المستقبل، وقد نشرت العصبة كتيبًا بعنوان «إنشاء الولايات المتحدة الأوربية»، وساعدت على توزيع منشورات الدعوة للسلام في السجون وغيرها من الأماكن. وكانت (إلسا) تحضر مع أينشتاين بعض اللقاءات المسائية

التي تعقد يوم الاثنين إلى أن حُظرت المجموعة في أوائل عام 1916.

كان من أبرز الداعين للسلام خلال الحرب الكاتب الفرنسي (رومان رولاند) الذي حاول تعزيز الصداقة بين بلده وألمانيا، وزاره أينشتاين في سبتمبر/ أيلول 1915 بالقرب من بحيرة جنيف، وكتب رولاند في مذكرته اليومية أن أينشتاين الذي يتحدث الفرنسية بصعوبة أعطى «جانبًا مضحكًا لمعظم الموضوعات الجادة».

وأثناء جلوسهما في شرفة أحد الفنادق بين أسراب النحل التي تنهب أزهار الكرم، تهكم أينشتاين على اجتماعات هيئة التدريس في برلين التي يتحدث فيها كل واحد من الأستاذة في موضوع «لماذا يكرهنا العالم، نحن الألمان؟» وبعد ذلك «يبتعد عن الحقيقة بحذر». وقال أينشتاين – بجرأة وربما أيضًا بتهور – إنه يعتقد أن ألمانيا لا يمكن إصلاحها، وأنه لذلك يأمل أن ينتصر الحلفاء. «وهو ما سيحطم قوة بروسيا والأسرة الحاكمة».

في الشهر التالي دخل أينشتاين في مشادة كلامية مع بول هرتز، وهو أستاذ رياضيات مشهور في جوتنجن وكان صديقًا له. كان هرتز عضوًا مشاركًا في عصبة وطن الأسلاف الجديدة مع أينشتاين، لكنه تجنب أن يصبح عضوًا كاملًا عندما أصبحت العصبة مثار جدل. قال له أينشتاين معنفًا: «هذا النوع من الحرص، وامتناع المرء عن الدفاع عن حقوقه، هما السبب في الموقف السياسي العصيب بأكمله، أنت تملك ذلك النوع من العقلية الجريئة التي تحبها السلطات الحاكمة كثيرًا في الألمان».

ورد هرتز: «لو أنك وجهت اهتمامك لفهم الناس كما وجهته لفهم العلم، لما كتبت لي هذا الخطاب المهين». كانت نقطة مؤثرة وحقيقية، وكان أينشتاين أفضل في فهم المعادلات الفيزيائية منه في فهم

العلاقات الشخصية، كما تعلم أسرته، وقد صرح بذلك في اعتذاره، فكتب: «أرجوك أن تسامحني، خاصة أنني – كما قلت وأنت محق في قولك – لم أهتم بفهم الناس اهتمامي بفهم العلم».

وفي نوفمبر/ تشرين الثاني نشر أينشتاين مقالة في ثلاث صفحات بعنوان «رأيي في الحرب» تجاوز فيها الحدود المسموح بها، حتى لعالم عظيم، في هجومه على ألمانيا، وافترض أن هناك «سمة بيولوجية في الطبيعة الذكورية» تمثل أحد أسباب الحروب. وعندما نشرت رابطة جوته مقاله في ذلك الشهر حذفت بعض الفقرات توخيًا للأمان، بما فيها الهجوم على الوطنية باعتبارها تشتمل على «المتطلبات الأخلاقية للكراهية الهمجية والقتل الجماعي».

وفكرة أن الحرب لها أساس بيولوجي في العدائية الذكورية كان موضوعًا تعرض له أينشتاين أيضًا في خطاب إلى صديق في زيورخ، هو هنريخ زانجر، تساءل أينشتاين: «ما الذي يدفع الناس إلى قتل وتشويه بعضهم بعضًا بهذه الوحشية؟ أعتقد أنها الطبيعة الجنسية في الذكر التي تؤدي إلى تلك الثورات الشرسة».

وقال إن السبيل الوحيد للسيطرة على هذه العدوانية هو منظمة عالمية لها صلاحية الرقابة على الدول الأعضاء.وهو موضوع سيثيره مرة أخرى بعد ثمانية عشر عامًا، في دعوته لنبذ العنف، عندما يتبادل خطابات عامة مع سيجموند فرويد حول سيكولوجية الذكر والحاجة إلى حكومة عالمية.

أينشتاين والجبهة الداخلية عام ١٩١٥

أدت الشهور الأولى من الحرب عام 1915، إلي انقطاع المواصلات وابتعاد أينشتاين عن ابنه هانز ألبرت وإدوارد وهو أمرٌ أشد صعوبة من

الناحية العاطفية واللوجستية، وقد طلبا منه أن يأتي لزيارتهما في زيورخ في عيد الفصح في تلك السنة، وكتب له هانز ألبرت خطابين لإثارة مشاعره القلبية: «أظن أنك سوف تأتي إلينا في عيد الفصح وسوف ننعم جميعًا ببابا مرة أخرى».

وفي بطاقته البريدية التالية قال إن أخاه الصغير أخبره أنه رأى في الحلم «أن بابا هنا»، ووصف أيضًا كم هو متفوق في الرياضيات فقال: «ماما تعطيني المسائل، ولدينا كراسة صغيرة. نستطيع أن نقوم بذلك معًا بالمثل».

أدى نشوب الحرب إلى استحالة حضوره عيد الفصح، لكنه رد على البطاقات البريدية بأن وعد هانز ألبرت بالحضور في يوليو/ تموز لقضاء الإجازة والتمتع بالسير في جبال الألب السويسرية، وكتب: «في الصيف سوف أقوم برحلة معك أنت وحدك لمدة أسبوعين أو ثلاثة، وسوف نكرر هذه الرحلة كل سنة، ويستطيع تيت (إدوارد) أن يأتي معنا عندما يكبر ويصبح قادرًا على السفر معنا».

وعبر أينشتاين أيضًا عن سروره بأن ابنه قد أصبح يحب الهندسة، فقد كانت هوايته المفضلة عندما كان في نفس السن، وقال: «لكنني لم يكن لدي مَنْ يوضح لي أي شيء، لذا كان علي أن أتعلمها من الكتب». كان يرغب في أن يكون مع ابنه ليساعده في تعلم الرياضيات و«لأحدثك عن كثير من الأشياء الجميلة والطريفة في العلم». لكن ذلك لن يكون ممكنًا دائما، وربما يمكنهما القيام بذلك عن طريق البريد، «إذا كتبت لي كل مرة ما تعلمته بالفعل فسوف أعطيك مسألة صغيرة تحلها»، وأرسل لعبة لكل من طفليه، وذكرهما بأن عليهما غسل أسنانهما بالفرشاة جيدًا،

«فأنا أفعل ذلك وأنا سعيد جدًا الآن لأن أسناني سليمة».

غير أن التوتر في الأسرة ازداد سوءًا، حيث تبادل أينشتاين وماريتش رسائل يتجادلان فيها على النقود ووقت الإجازة، وفي نهاية يونيو/ حزيران وصلت بطاقة بريدية مقتضبة من هانز ألبرت يقول فيها: «إن لم تكن ودودا معها فأنا لا أرغب في أن أذهب معك». لذا ألغى أينشتاين رحلته المزمعة إلى زيورخ، وسافر بدلًا من ذلك مع إلسا وابنتيها إلى منتجع سيلين على بحر البلطيق.

كان أينشتاين مقتنعًا بأن ماريتش تحرض الأطفال ضده، وساروه الشك - وربما كان على حق - في أن لها يدًا وراء البطاقات البريدية التي يرسلها هانز إليه، سواء الرسائل المحزنة التي تشعره بالذنب لعدم تواجده في زيورخ، أو البطاقات الحادة التي رفض فيها مصاحبة أبيه في الإجازة. وكان أينشتاين يشكو إلى زانجر قائلًا: «أشعر كأن زوجتي قد باعدت سنوات بيني وبين ابني الصغير، فإن لها طبيعة انتقامية، والبطاقة البريدية التي تلقيتها من ألبرت الصغير كانت موحاة إليه، إن لم تكن هي التي أملتها عليه مباشرة».

وقد طلب من زانجر الذي كان أستاذًا للطب أن يفحص إدوارد الصغير، الذي كان يعاني عدوى بالأذن وبعض الأسقام الأخرى، وكان يتوسل إليه قائلًا: «أرجوك أن تكتب لي وتطمئنني على حالة طفلي الصغير، فأنا مرتبط به برابطة خاصة، فلا يزال بريئًا ورقيقًا معي».

لم يصل أينشتاين إلى زيورخ قبل بداية سبتمبر/ أيلول، وشعرت ماريتش أنه ربما يكون من المناسب أن يبقى معها ومع أولاده، على الرغم من التوتر، فلا يزالان زوجين، وكانت تأمل في التصالح، لكن أينشتاين

لم يبد أي رغبة في الإقامة معها، وأقام بدلًا من ذلك في أحد الفنادق، وقضى وقتًا طويلًا مع أصدقائه ميكيلي بيسو وهنريخ زانجر.

ولم تسنح له الفرصة لرؤية ابنيه إلا مرتين فقط أثناء الأسابيع الثلاثة التي قضاها في سويسرا، وفي خطاب إلى إلسا ألقى باللائمة على زوجته، وقال: «السبب هو خوف الأم من أن يرتبط بي الطفلان»، وقد أخبر هانز ألبرت والده أن الزيارة كلها جعلته يشعر بالراحة.

وبعد عودة أينشتاين إلى برلين زار هانز ألبرت زانجر، أستاذ الطب طبيب القلب الذي احتفظ بصداقته لجميع الأطراف في النزاع، والذي حاول التوصل إلى اتفاق حتى يتمكن أينشتاين من رؤية أولاده. ولعب بيسو أيضًا دور الوسيط، وكتب بيسو في خطاب رسمي كتبه بعد التشاور مع ماريتش أن أينشتاين يستطيع رؤية أولاده، ولكن ليس في برلين، وليس في وجود أسرة إلسا، ومن الأفضل أن يكون ذلك في «فندق سويسري جيد» مع هانز ألبرت فقط في البداية، حيث يستطيعان قضاء بعض الوقت وحدهما بعيدًا عن كل الشواغل. كان هانز ألبرت ينوي زيارة أسرة بيسو أثناء عيد الميلاد، واقترح أن يأتي أينشتاين في ذلك الوقت.

وما جعل ثورة الاضطرابات السياسية والشخصية في خريف 1915 تسترعي الاهتمام هو أنها أبرزت قدرة أينشتاين على التركيز على جهوده العلمية على الرغم من جميع الشواغل، وخلال تلك الفترة كان جهده موجهًا إلى السعي نحو ما وصفه فيما بعد بأعظم إنجاز في حياته.

وعندما انتقل أينشتاين إلى برلين في ربيع 1914 ظن زملاؤه أنه سينشئ معهدًا ويجذب المساعدين للعمل في أكثر المسائل إلحاحًا في الفيزياء: وهي (نتائج نظرية الكم). غير أن أينشتاين كان أقرب إلى

ذئب متوحد، وعلى عكس بلانك لم يكن يرغب في زمرة من المعاونين أو التلاميذ، وفضل التركيز على ما أصبح مرة أخرى ولعه الشخصي وهو: (تعميم نظرية النسبية).

لذا بعد أن تركته زوجته وابناه وسافروا إلى زيورخ، ترك أينشتاين مسكنه القديم واستأجر شقة وسط برلين بالقرب من (إلسا)، ولم تكن تحوي إلا أقل الأثاث، لكنها فسيحة نوعًا ما؛ فقد كان بها سبع غرف، وكانت تقع في الطابق الثالث من بناية جديدة ذات خمسة طوابق.

كانت غرفة مكتب أينشتاين في البيت تضم طاولة خشبية كبيرة عليها أكوام من الورق والمجلات، وفي هذه الصومعة كان أينشتاين يعمل ويأكل في أي وقت يناسبه، وينام عندما يضطر لذلك، ويواصل نضاله منفردًا.

وخلال ربيع وصيف عام 1915 كان أينشتاين يبحث نظريته الموجزة، وينقحها، ويدافع عنها ضد مجموعة من التحديات. وبدأ يسميها «النظرية العامة» بدلًا من مجرد «نظرية معممة» للنسبية، لكن ذلك لم يحجب مشاكلها التي ظل يحاول التغلب عليها.

فقد زعم أن معادلاته بها أكبر قدر من التغاير المشترك يسمح به «برهان الثقب» وغيره من القيود الأخرى في الفيزياء، لكنه بدأ يشك في أن هذا ليس صحيحًا، ودخل أيضًا في جدل مرهق مع الرياضي الإيطالي (توليو ليفي – سيفيتا) الذي أشار إلى وجود مشكلات في تعامله مع تفاضل الكميات الممتدة، وكان لا يزال هناك لغز النتائج غير الصحيحة التي أعطتها النظرية للإزاحة في مدار عطارد.

كان أينشتاين واثقًا بدرجة كافية بنظريته حتى إنه تباهى بها في سلسلة محاضرات لمدة أسبوع. وكانت المحاضرة الواحدة تمتد

لساعتين، بدءًا من نهاية يونيو/ حزيران 1915 بجامعة جوتنجين التي أصبحت المركز البارز للجانب الرياضي من الفيزياء النظرية. وكان في مقدمة العباقرة هناك ديفيد هيلبرت وكان أينشتاين متشوقًا جدًا – أكثر من اللازم – لأن يشرح له كل الجوانب المعقدة للنسبية.

كانت زيارة جوتنجين نصرًا لأينشتاين، وكتب أينشتاين إلى زانجر أنه «استطاع إقناع أساتذة الرياضيات هناك تمامًا»، وأضاف قائلًا عن هيلبرت الذي يشترك معه في الدعوة إلى السلام: «لقد قابلته وأحببته كثيرًا»، وبعد بضعة أسابيع كتب مرة أخرى: «لقد استطعت إقناع هيلبرت بالنظرية العامة للنسبية»، ووصفه بأنه «رجل ذو طاقة واستقلالية مدهشة». وفي خطاب إلى فيزيائي آخر كان أينشتاين أكثر استرسالًا فقال: «في جوتنجن سعدت كثيرًا بأن كل شيء كان مفهومًا حتى التفاصيل. أنا مفتون تمامًا بهيلبرت!»

كان هيلبرت بالمثل مفتونًا بأينشتاين وبنظريته، حتى إنه بدأ يسعى على الفور ليسبق أينشتاين إلى الوصول إلى معادلات مجال صحيحة. وخلال ثلاثة أشهر من محاضراته في جوتنجين اكتشف أينشتاين أمرين أثارا انزعاجه؛ أولهما وجود أخطاء في نظريات الموجز، وثانيهما أن هيلبرت كان يسعى سعيًا محمومًا للتوصل إلى المعادلات الصحيحة وحده.

جاء إدراك أينشتاين أن نظريات الموجز تتداعى نتيجة لتراكم مشكلات كثيرة، وانتهت هذه المشكلات بضربتين موجعتين تلقتهما نظريته في أوائل أكتوبر/ تشرين الأول 1915.

كانت الأولى أن أينشتاين وجد بعد إعادة المراجعة أن معادلات الموجز لم تفسر الحركة الدائرية كما كان يعتقد. وكان يأمل في إثبات

أن الدوران يمكن اعتباره شكلًا آخر من أشكال الحركة النسبية، لكن تبين أن معادلات الموجز لم تثبت هذا بالفعل. ولم تكن معادلات الموجز، كما كان يعتقد، متغايرة في ظل تحول يدير محاور الإحداثيات بانتظام.

وكان بيسو قد حذره في مذكرة عام 1913 بأن هذا سيحدث مشكلة، لكن أينشتاين تجاهله، والآن بعد إعادة حساباته، أفزعه أن يرى أن هذا الأساس قد تهاوى، وأعرب عن حزنه إلى الفلكي فرويندليش قائلًا: «هذا تناقض صارخ».

وافترض أن نفس الخطأ يبرر أيضًا عجز نظريته عن تفسير الإزاحة في مدار عطارد تفسيرًا كاملًا، وأصابه اليأس من أن يستطيع إيجاد حل للمشكلة، وقال: «لا أعتقد أني أستطيع العثور على الخطأ بنفسي، لأن عقلي في هذه المسألة ثابت لا يتزحزح».

أدرك أينشتاين – بالإضافة إلى ذلك – أنه وقع في خطأ فيما كان يسمى برهان «التفرد» وهو أن مجموعة الشروط التي يتطلبها حفظ الطاقة وكمية الحركة وغيرها من القيود الفيزيائية هي التي أدت بشكل فريد إلى معادلات المجال في الموجز، وكتب إلى لورنتز يشرح بالتفصيل «افتراضاته الخاطئة» السابقة.

وكانت هناك – بالإضافة إلى هذه المشكلات – مشكلات أخرى كان يعلم بوجودها؛ فمعادلات الموجز لم تكن متغايرة بوجه عام، ويعني هذا أنها لا تجعل كل أشكال الحركة المتسارعة وغير المنتظمة نسبية، ولا تفسر المدار الشاذ لعطارد تفسيرًا كاملًا. والآن وهذا البنيان يتداعي، تواتر إلى سمعه أن هيلبرت قد سبقه بخطوات في جوتنجين.

كان جزء من عبقرية أينشتاين يرجع إلى صلابته، فقد كان بوسعه

التمسك بمجموعة من الأفكار، حتى في مواجهة «تناقض ظاهر» (كما قال في بحثه عن النسبية عام 1905)، ولديه أيضًا إيمان عميق بقدرته على إدراك العالم الفيزيائي. وكان يعمل منفردًا على خلاف معظم العلماء الآخرين، وكان يستمع إلى ما يمليه عليه عقله على الرغم من شكوك الآخرين.

لكنه - على الرغم من صلابته - لم يكن عنيدًا في حماقة، وعندما عرف في النهاية أن نظرية الموجز يتعذر الدفاع عنها أصبح مستعدًا للتخلي عنها في الحال، وهذا ما فعله في أكتوبر/ تشرين الأول عام 1915.

ومن أجل إيجاد البديل لنظرية الموجز المشئومة حول أينشتاين تركيزه من الإستراتيجية الفيزيائية التي تركزت على إحاطته بالمبادئ الفيزيائية الأساسية، وعاد يعتمد بدرجة أكبر على الإستراتيجية الرياضية التي تستخدم الكميات الممتدة لريمان وريتشي، وهو منهج اتبعه من قبل في مذكرات زيورخ ثم تخلى عنه، ولكن عندما عاد إليه وجد أنه يوفر طريقة لإيجاد معادلات مجال جاذبية متغايرة بصفة عامة، وقد كتب جون نورتون عن ذلك: «إن تحول أينشتاين إلى الاتجاه المضاد شق له البحر، وقاده من العبودية إلى أرض ميعاد النسبية العامة».

بالطبع - كما هو الحال دائمًا - ظل موضوع خليطًا من كلتا الإستراتيجيتين، ولمواصلة بعث الحيوية من جديد في الإستراتيجية الرياضية كان عليه أن يراجع الفرضيات الفيزيائية التي كانت الأساس في نظرية الموجز. كتب ميشيل يانسن ويورجين رين: «كان هذا النوع من الالتقاء بين الاعتبارات الفيزيائية والرياضية هو ما لم ينتبه إليه أينشتاين في مذكرة زيورخ وفي عمله على نظرية الموجز».

وهكذا عاد إلى تحليل الكمية الممتدة الذي استخدمه في زيورخ، مع تأكيده الأكبر على إيجاد معادلات متغايرة بصفة عامة، وقد قال لأحد أصدقائه: «ما إن تخليت عن آخر ذرة من الثقة بالنظريات السابقة رأيت بوضوح أنني لن أجد حلًا مرضيًا إلا من خلال نظرية تغاير عامة، أي بواسطة متغاير ريمان».

كانت النتيجة أربعة أسابيع من الجهد المضني بحث أينشتاين خلالها سلسلة من الكميات الممتدة والمعادلات والتصويبات وتحديثات أرسلها على الفور إلى الأكاديمية البروسية في أربع محاضرات ألقاها أيام الخميس، وانتهت بتعديل ناجح في نهاية نوفمبر/ تشرين الثاني 1915.

كان أعضاء الأكاديمية البروسية البالغ عددهم نحو خمسين عضوًا يجتمعون في القاعة الكبرى بالمكتبة العامة البروسية في قلب برلين كل أسبوع لينصتوا إلى ما تجود به قرائحهم. وكانت سلسلة المحاضرات الأربع لأينشتاين مجدولة قبل أسابيع، ولكن حتى بداية المحاضرات — وحتى بعد أن بدأت — ظل أينشتاين يعمل دون كلل على نظريته المعدلة.

ألقيت المحاضرة الأولى في الرابع من نوفمبر/ تشرين الثاني، وبدأها بقوله: «على مدى السنوات الأربع الأخيرة حاولت وضع نظرية عامة للنسبية على أساس نسبية كل أنواع الحركة حتى الحركة غير المنتظمة»، وقال في إشارة إلى نظرية الموجز المرفوضة إنه يعتقد بالفعل أنه اكتشف القانون الوحيد للجاذبية الذي يتوافق مع الحقائق الفيزيائية.

غير أنه سرد بصدق تفاصيل كل المشكلات التي واجهتها النظرية، «لهذا السبب فقدت الثقة بالكامل في معادلات المجال» التي ظل يدافع عنها أكثر من سنتين، وقال إنه عاد الآن إلى المنهج الذي كان يستخدمه

مساعده الرياضي (مارسيل جروسمان) عام 1912، «وبذلك رجعت إلى مطلب تغاير عام أكبر في معادلات المجال، التي لم أتركها إلا بقلب مثقل عندما عملت مع صديقي (جروسمان)، والواقع أننا كنا قد اقتربنا عندئذ كثيرًا من الحل».

عاد أينشتاين إلى الكميات الممتدة (لريمان وريتشي) التي قدمها إليه جروسمان عام 1912، وقال في محاضرته: «من الصعب على من يفهم هذه النظرية حق الفهم أن يقاوم سحرها، إنها دليل على انتصار حقيقي لطريقة حساب التفاضل التي أوجدها جاوس وريمان وكريستوفل وريتشي وليفي – سيفيتا».

جعلته هذه الطريقة يقترب أكثر من الحل الصحيح، غير أن معادلاته في الرابع من نوفمبر/ تشرين الثاني كانت لا تزال غير متغايرة بصفة عامة، وكان هذا يحتاج إلى ثلاثة أسابيع أخرى.

كان أينشتاين يناضل نضالًا عنيفًا في واحدة من أكثر النوبات تركيزًا في تاريخ الإبداع العلمي، وقال إنه كان يعمل «بطاقة رهيبة»، وفي وسط هذه المحنة كان لا يزال يتعامل أيضًا مع أزمته الشخصية في أسرته، فقد وصلت خطابات من زوجته وميكيلي بيسو الذي كان ينوب عنها تلح على موضوع التزاماته المالية وتناقش شروط عقده مع ابنيه.

وفي اليوم الذي سلم فيه بحثه الأول، في الرابع من نوفمبر/ تشرين الثاني، كتب خطابًا يفيض حزنًا وألمًا إلى ابنه هانز ألبرت الذي كان موجودًا في سويسرا قال فيه:

سأحاول أن أقضي معك شهرًا في كل سنة، بحيث يكون لك أب قريب منك يستطيع أن يحبك، ويمكنك أن تتعلم مني الكثير من الأشياء الطيبة

التي لا يستطيع شخص آخر أن يقدمها لك، والأشياء التي اكتسبتها من عملي الشاق المجهد ينبغي أن تكون ذات قيمة ليس فقط للأغراب ولكن لابني بصفة خاصة. وقد أنهيت في الأيام القليلة الماضية أحد أروع الأبحاث في حياتي، وسوف أحدثك عنه عندما تكبر.

وأنهى خطابه باعتذار بسيط لأنه عاجز عن التركيز فقال: «كثيرًا ما أستغرق في عملي لدرجة أنني أنسى تناول الغداء».

اقتطع أينشتاين وقتًا من المراجعة القوية لمعادلاته ليشغل نفسه بالصراع مع صديقه السابق ومنافسه (ديفيد هيلبرت) الذي كان يتسابق معه للوصول إلى معادلات النسبية العامة، وعلم أينشتاين أن هيلبرت قد اكتشف الأخطاء في معادلات الموجز، وخوفًا من أن يسبقه كتب أينشتاين إلى هيلبرت خطابًا يقول إنه قد اكتشف الأخطاء منذ أربعة أسابيع، وأرفق مع الخطاب نسخة من محاضرته التي ألقاها في الرابع من نوفمبر/ تشرين الثاني، وسأل أينشتاين بلمسة من الدفاع: «إنني أتساءل إن كنت ستتقبل هذا الحل الجديد».

لم يكن هيلبرت يتفوق على أينشتاين فقط في الرياضيات البحتة، بل كانت به أيضًا ميزة أنه ليس فيزيائيًا جيدًا، فهو لم يراع تمامًا - كما كان نهج أينشتاين - أن تتفق أية نظرية جديدة مع نظرية نيوتن القديمة في مجال استاتيكي ضعيف أو أن تخضع لقوانين السببية، وبدلًا من الإستراتيجية الفيزيائية والرياضية المزدوجة، اتبع هيلبرت أساسًا إستراتيجية رياضية تركز على إيجاد معادلات متغايرة، ويقول دينيس أوفرباي: «أحب هيلبرت أن يقول مازحًا إن الفيزياء أكثر تعقيدًا من أن تترك للفيزيائيين».

قدم أينشتاين بحثه الثاني في الخميس التالي 11 نوفمبر/ تشرين الثاني، واستخدم فيه الكمية الممتدة (لريتشي)، ووضع شروط إحداثيات جديدة سمحت للمعادلات بأن تكون متغايرة عمومًا، لكن ذلك لم يحسن كثيرًا من الأمور. كان أينشتاين لا يزال قريبًا من الحل النهائي، لكنه لم يكن يحرز تقدمًا كبيرًا.

مرة أخرى أرسل أينشتاين البحث على الفور إلى هيلبرت، وقال أينشتاين: «إذا كان تعديلي الحالي (الذي لا يغير المعادلات) صحيحًا، فلا بد إذن أن الجاذبية تلعب دورًا أساسيًا في تركيب المادة. إن فضولي يتداخل مع عملي!»

لابد أن الإجابة التي أرسلها هيلبرت في اليوم التالي قد أفزعت أينشتاين، فقد قال إنه على وشك أن يخرج «بحل بديهي لمسألتك العظيمة» فقد كان يخطط لوقف مناقشتها إلى أن يبحث النتائج الفيزيائية فيما بعد، «لكن ما دمت مهتمًا، فأحب أن أعرض نظريتي بتفاصيلها الكاملة يوم الثلاثاء القادم» الذي يوافق السادس عشر من نوفمبر/ تشرين الثاني.

ودعا أينشتاين إلى الحضور إلى جوتتجين، والاستماع إليه شخصيًا وهو يعرض الإجابة، وكان من المقرر أن يبدأ الاجتماع في السادسة مساء، وأعطى هيلبرت أينشتاين مواعيد وصول قطاري بعد الظهر القادمين من برلين، وقال: «سيسعدنا أنا وزوجتي كثيرًا أن تبقى معنا».

وبعد أن وقع باسمه شعر هيلبرت بأنه مضطر لإضافة حاشية تثير الفضول والقلق، فقال: «على قدر فهمي لبحثك الجديد فإن الحل الذي قدمته أنت مختلف تمامًا عن الحل الذي قدمته أنا».

كتب أينشتاين أربعة خطابات يوم الاثنين الخامس عشر من نوفمبر/ تشرين الثاني، يعطي لمحة عن سبب معاناته من آلام المعدة، وقال لابنه هانز ألبرت إنه يرغب في السفر إلى سويسرا في أعياد الكريسماس والسنة الجديدة لزيارته، واقترح على ابنه: «ربما يكون من الأفضل أن نلتقي وحدنا في مكان ما» مثل خان منعزل «فما رأيك؟»

وكتب أيضًا خطابًا إلى زوجته يشكرها فيه على رغبتها في عدم تقويض علاقته بابنيه، وكتب إلى صديقهما المشترك زانجر يقول: «لقد عدلت نظرية الجاذبية بعد أن أدركت أن براهيني الأولى بها ثغرة... سوف يسعدني أن آتي إلى سويسرا مع مطلع العام لكي أرى ابني العزيز».

وفي النهاية رد على هيلبرت ورفض دعوته لزيارة جوتنجين في اليوم التالي، ولم يخف قلقه إذ قال: «إن تحليلك يهمني للغاية... والتعليقات التي أبديتها في رسائلك تثير التوقعات، ومع ذلك فأنا مضطر للامتناع عن السفر إلى جوتنجين في الوقت الحالي... فأنا منهك للغاية ومصاب بآلام في المعدة... إن أمكن أرجو أن ترسل لي برهان تصحيح لدراستك لكي تخفف من تلهفي».

لحسن حظ أينشتاين أن قلقه قد خف نوعًا ما في ذلك الأسبوع إثر اكتشاف مفرح، وعلى الرغم من أنه علم من أن معادلاته لم تكن في شكلها الأخير، فقد قرر أن يرى إن كان المنهج الجديد الذي اتبعه سوف يأتي بالنتائج الصحيحة لما يعرف بالإزاحة في مدار عطارد أم لا، ولما كان هو وبيسو قد أجريا الحسابات مرة من قبل (وخرجا بنتائج محبطة)، فلم يستغرق الأمر وقتًا طويلًا عندما أعاد الحسابات باستخدام النظرية المنقحة.

جاءت الإجابة التي أعلنها بانتصار في المحاضرة الثالثة من

محاضرات نوفمبر/ تشرين الثاني الأربع صحيحة، وهي 43 ثانية قوسية في كل قرن،وقال إبراهام بايس فيما بعد: «أعتقد أن هذا الاكتشاف هو أقوى التجارب العاطفية إلى حد بعيد في حياة أينشتاين العلمية، وربما في حياته كلها» لقد كان منتشيًا حتى إنه كان يسمع نبضات قلبه تدق بسرعة، كما لو كان «شيئًا ينهشه» من الداخل، وأخبر إيرنفيست: «لقد كدت أطير فرحًا». وعبر عن سعادته لفيزيائي آخر فقال: «إن نتائج البعد الأقرب لحركة عطارد ملأتني بقناعة كبيرة، كم هي مفيدة لنا تلك الدقة البالغة في الفلك التي اعتدت أن أسخر منها خفية!».

وفي نفس المحاضرة قدم تقريرًا أيضًا عن حساب آخر قام به، وعندما بدأ في صياغة النسبية العامة قبل ثمانية أعوام، قال إن إحدى النتائج هي أن الجاذبية سوف تحني الضوء، فقد تصور من قبل أن انحناء الضوء بواسطة مجال الجاذبية القريب من الشمس سوف يكون تقريبًا 0.83 ثانية قوسية، وهي تناظر ما تنبأت به نظرية نيوتن عندما كان الضوء يعامل على أنه تيار من الجسيمات، والآن، باستخدام نظريته الجديدة المنقحة، قدر أينشتاين أن انحناء الضوء بواسطة الجاذبية سوف يكون الضعف بسبب التأثير الناتج عن تكور الزمكان، ونتيجة لذلك توقع أن تحني جاذبية الشمس الأشعة بمقدار نحو 1.7 ثانية قوسية. وكان عليه أن ينتظر الكسوف المناسب التالي، أكثر من ثلاث سنوات، حتى يتأكد من صحة افتراضه.

في هذا الصباح ذاته، الثامن عشر من نوفمبر/ تشرين الثاني، تلقى أينشتاين بحث هيلبرت الجديد، ذلك البحث الذي كان مدعوًا إلى جوتنجين لسماعه. اندهش أينشتاين وجزع بعض الشيء عندما رأى كم كان البحث

مشابهًا لعمله، وكان رده على هيلبرت موجزًا وافيًا بالغرض، وجافًا بعض الشيء، وكان يقصد من ورائه بوضوح التأكيد على أولوية بحثه وقال:

إن النظام الذي أعددته يتوافق – في رأيي – تمامًا مع ما توصلت إليه في الأسابيع القليلة الماضية وقدمته إلى الأكاديمية. ولم تكن الصعوبة في إيجاد معادلات متغايرة بصفة عامة... فقد توصلت إليها بسهولة باستخدام الكمية الممتدة لريمان... ومنذ ثلاث سنوات مع صديقي جروسمان وضعت في الاعتبار المعادلات المتغايرة فقط التي ظهر الآن أنها المعادلات الصحيحة، وقد تركناها على مضض لأنه بدا لي أن البرهان الفيزيائي أدى إلى التعارض مع قانون نيوتن. واليوم أقدم للأكاديمية بحثًا اشتققت فيه كميًا من النسبية العامة – بدون أية فرضية مرشدة – حركة البعد الأقرب لعطارد، وهو ما لم تحققه أية نظرية جاذبية حتى الآن.

رد هيلبرت بلطف وطيب نفس في اليوم التالي مدعيًا عدم وجود أولوية لنفسه، وكتب: «أطيب التهاني لقهر حركة البعد الأقرب، ولو استطعت أن أجري حساباتي بالسرعة التي تحسب بها فإن الإلكترون سيعلن استسلامه، وسوف تقدم ذرة الهيدروجين مذكرة اعتذار بسبب عدم إشعاعها».

ومع ذلك، ففي اليوم التالي، 20 نوفمبر/ تشرين الثاني أرسل هيلبرت بحثًا إلى مجلة العلوم بجوتنجين يعلن فيه صيغته الخاصة لمعادلات النسبية العامة، ولم يكن العنوان الذي اختاره للبحث متواضعًا، فقد أسماه: «أسس الفيزياء».

لم يكن واضحًا إن كان أينشتاين قد قرأ بعناية البحث الذي أرسله

إليه هيلبرت، أو إن كان شيئًا فيه قد أثر على تفكيره عندما انشغل بإعداد محاضرته الرابعة النهائية بالأكاديمية البروسية، وأيًا كان الحال، فإن الحسابات التي أجراها خلال الأسبوع المنصرم عن عطارد وعن انحراف الضوء جعلته يدرك أنه يستطيع أن يتجنب قيود الإحداثيات وشروطها التي فرضها في معادلات مجال الجاذبية، وهكذا فقد توصل في الوقت المناسب في محاضرته الأخيرة إلى «معادلات مجال الجاذبية» في 25 نوفمبر/ تشرين الثاني 1915، وهي مجموعة من المعادلات المتغايرة التي جاءت في نهاية نظريته العامة للنسبية.

لم تكن النتيجة واضحة تقريبًا للشخص العادي مثل معادلة الطاقة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء، ومع ذلك باستخدام الرموز الاصطلاحية المكثفة للكميات الممتدة التي يمكن فيها ضغط التعقيدات الممتدة إلى رموز قليلة، فإن الجزء المعضل في معادلات المجال النهائية لأينشتاين على درجة من الإيجاز والوضوح، حتى إنها ظهرت كثيرًا على قمصان صممت من أجل دارسي الفيزياء المعتزين بها.

وهكذا ترتسم رقصة تانجو كونية كما تصورها فيزيائي آخر، هو بريان جرين حيث قال:

يصبح المكان والزمان لاعبين في الكون، تدب فيهما الحياة؛ فالمادة هنا تؤدي إلى انحناء المكان هناك، والمكان هناك يجعل المادة تتحرك هنا، وهو ما يؤدي إلى مزيد من الانحناء في المكان هناك، وهكذا. تقدم النسبية العامة حركات رقصة كونية متلوية للمكان والزمان والمادة والطاقة.

وفي النهاية أصبح لدى أينشتاين المعادلات المتغايرة بحق، ونظرية تجمع بين جميع أشكال الحركة، سواء أكانت قصورًا ذاتيًا، أم حركة دائرية، أم عشوائية. وكما أعلن في المقدمة الرسمية لنظريته التي

نشرها في مارس/ آذار التالي في المجلة «إن القوانين العامة للطبيعة يُعبر عنها بمعادلات تنطبق على جميع أنظمة الإحداثيات، أي أنها مشتركة التغاير بالنسبة لأي بدائل أيًا كانت».

كان أينشتاين منتشيًا بنجاحه، لكنه كان قلقًا في الوقت ذاته من أن هيلبرت، الذي قدم صيغته الخاصة قبل خمسة أيام في جوتنجين، سوف ينسب إليه فضل اكتشاف النظرية. فقد كتب إلى صديقه هنريخ زانجر قائلا: «لم يفهمها حق الفهم إلا زميل واحد، وهو يسعى إلى حيازتها بطريقة ماكرة. ولم أر في تجربتي الشخصية خسة أكثر من ذلك». وأضاف في خطاب إلى بيسو بعد بضعة أيام: «إن زملائي يتصرفون ببشاعة في هذا الشأن، وسوف تضحك كثيرًا عندما أحدثك عن ذلك».

إذن مَنْ الذي يستحق أن ينسب إليه الفضل الأول في المعادلات الرياضية النهائية؟ إن موضوع أولوية أينشتاين وهيلبرت قد أحدث جدلًا تاريخيًا بسيطًا لكنه حاد، وهو راجع في بعض الأحيان إلى رغبات عنيفة تتجاوز مجرد الفضول العلمي. قدم هيلبرت نسخة من معادلاته في حديثه في 16 نوفمبر/ تشرين الثاني، وقدم بحثًا بتاريخ 20 نوفمبر/ تشرين الثاني قبل أن يقدم أينشتاين معادلاته النهائية في 25 نوفمبر/ تشرين الثاني، ومع ذلك فإن فريقًا من الباحثين في حياة أينشتاين وجدوا عام 1997 مجموعة من بروفات الطباعة لمقالة هيلبرت التي أدخل عليها تعديلات وأرسلها بعد ذلك إلى الناشر في 16 ديسمبر/ كانون الأول. وفي النسخة الأصلية اختلفت معادلات هيلبرت اختلافًا بسيطًا لكنه مهم عن الصيغة النهائية لأينشتاين في محاضرة 25 نوفمبر/ تشرين الثاني، فلم تكن في الحقيقة مشتركة في التغاير بصورة عامة، ولم يضع خطوة تتضمن التخلص من الكمية الممتدة لريتشي

وإضافة حد الأثر الناتج وهو الكمية العددية (لريتشي) إلى المعادلة وقام أينشتاين بهذا في محاضرته في 25 نوفمبر/ تشرين الثاني. ويبدو أن هيلبرت قد أجرى تصحيحًا على الصيغة المنقحة لمقالته لتتماشى مع صيغة أينشتاين. وقد أضاف إلى تعديلاته بكرم بالغ أيضًا عبارة «قدمها أينشتاين أولًا» عندما أشار إلى جهد الجاذبية.

رد أنصار هيلبرت (والمنتقصون من قدر أينشتاين) بمجموعة مختلفة من الحجج، منها أن هناك جزءًا ناقصًا من بروفات الطباعة، وأن حد الأثر موضع الخلاف إما غير ضروري أو واضح.

ومن العدل القول بأن كلا الرجلين – كل منهما منفردًا لكنه على دراية بما يفعله الآخر – قد توصل في نوفمبر/ تشرين الثاني 1915 إلى المعادلات الرياضية التي تعبر عن الصيغة الرسمية للنظرية العامة. وبالرجوع إلى تعديلات هيلبرت على صفحات مسوداته، يبدو أن أينشتاين قد نشر الصيغة الأخيرة من هذه المعادلات أولًا. وفي النهاية، فحتى هيلبرت نفسه قد أرجع الفضل والأولوية لأينشتاين.

وعلى أية حال فإن النظرية التي كان يجري صياغتها بهذه المعادلات هي دون شك نظرية أينشتاين، وهي النظرية التي شرحها لهيلبرت أثناء وجودهما معًا في جوتنجين في ذلك الصيف، وحتى الفيزيائي (كيب ثورن) – وهو أحد الذين أرجعوا الفضل لهيلبرت لإيجاده معادلات المجال الصحيحة - يقول إن أينشتاين يرجع إليه الفضل في النظرية التي قامت عليها المعادلات، ويقول ثورن: «أجرى هيلبرت الخطوات الرياضية الأخيرة لاكتشافه بصورة مستقلة ومتزامنة تقريبًا مع أينشتاين، لكن أينشتاين كان مسئولًا عن كل شيء سبق هذه الخطوات، ولولاه لما اكتشفت قوانين النسبية العامة المتعلقة بالجاذبية حتى عدة عقود لاحقة».

أحس هيلبرت بنفس المشاعر، وقال بوضوح في الصيغة النهائية من بحثه: «يبدو لي أن المعادلات التفاضلية للجاذبية التي توصلت إليها تتفق مع نظرية النسبية العامة الرائعة التي وضعها أينشتاين». ومنذ ذلك الحين سيظل دائمًا يقر بأن أينشتاين هو المبدع الوحيد لنظرية النسبية (وبذلك يهدم مساعي أولئك الذين يستخدمونه للتقليل من شأن أينشتاين). ويحكى أنه قال: «إن كل طفل في شوارع جوتنجين يعرف عن الهندسة رباعية الأبعاد أكثر مما يعرفه أينشتاين، غير أن أينشتاين هو الذي قام بالعمل وليس الرياضيون».

وسرعان ما أصبح أينشتاين وهيلبرت صديقين مرة أخرى، وكتب هيلبرت في ديسمبر/ كانون الأول، بعد بضعة أسابيع من انتهاء الخلاف بينهما بشأن معادلات المجال، يقول إن أينشتاين قد اختير لعضوية أكاديمية جوتنجين، وأنه أيده. وأضاف أينشتاين بعد التعبير عن شكره: «أشعر أنني مضطر لأن أقول لك شيئًا آخر». وشرح اينشتاين قائلا:

كانت هناك بعض الضغينة بيننا، ولا أريد الخوض في تحليل أسبابها، وقد قاومت شعور المرارة الذي أصابني، ونجحت في ذلك نجاحًا كاملًا. وأنا أشعر نحوك الآن بود خالص، وأرجو أن تشعر نحوي بالمثل، فمن العار ألا يحمل زميلان حقيقيان – تساميًا بأنفسهما نوعًا ما فوق هذا العالم الحقير – مشاعر الود المتبادل.

وقد استأنفا مراسلاتهما بانتظام، وتبادلا الأفكار، وخططا لإيجاد وظيفة للفلكي فروينديش. وفي شهر فبراير/ شباط زار أينشتاين جوتنجين للمرة الثانية وأقام في بيت هيلبرت.

كان فخر أينشتاين بإبداعه مفهومًا، وبمجرد أن حصل على النسخ المطبوعة لمحاضراته الأربع قام بإرسالها بالبريد إلى أصدقائه. وقال

لأحدهم: «أحرص على أن تلقي عليها نظرة فاحصة، فهي أهم اكتشاف في حياتي»، وقال لصديق آخر: «إنها نظرية ذات جمال لا يضاهى».

توصل أينشتاين في السادسة والثلاثين من عمره إلى تعديل واحد من أهم مفاهيمنا عن الكون، فلم تكن النظرية العامة للنسبية مجرد تفسير لبعض البيانات التجريبية، أو اكتشاف لمجموعة أدق من القوانين، بل كانت نظرة جديدة تمامًا للواقع.

أورث نيوتن أينشتاين كونًا كان للزمن فيه وجود مطلق، يمضي مستقلًا عن الأشياء والراصدين، وكان للمكان فيه وجود مطلق أيضًا، وكان نيوتن يعتقد أن الجاذبية قوة تمارسها الكتل بعضها على بعض بطريقة غامضة نوعًا ما عبر الفضاء الفارغ، وفي هذا الإطار تخضع الأشياء للقوانين الميكانيكية التي أثبتت دقة لافتة للنظر في تفسير كل شيء بدءًا من مدارات الكواكب إلى انتشار الغازات، إلى حركة الجزيئات، إلى انتشار موجات الصوت (لكنها لم تفسر انتشار موجات الضوء).

وقد أوضح أينشتاين بنظريته الخاصة عن النسبية أن المكان والزمان ليس لهما وجود مستقل، لكنهما يشكلان نسيج الزمكان، والآن بصيغته العامة للنظرية لم يصبح نسيج الزمكان مجرد وعاء للأشياء والأحداث، بل إن له ديناميكيته الخاصة التي تحددها - والتي ساعدت بدورها في تحديد - حركة الأشياء بداخله، وكما أن نسيج الترامبولين يتكور ويتموج كلما تدحرجت كرات البولينج وبعض كرات البلياردو فوقه، فإن الانحناء الديناميكي وتموج نسيج الترامبولين يحدد بدوره مسار الكرات المتدحرجة، ويجعل كرات البلياردو تتحرك نحو كرة البولينج.

وقد فسر انحناء نسيج الزمكان وتموجه الجاذبية، وتكافؤها مع التسارع، وفسر أيضًا - كما أكد أينشتاين - نسبية الحركة بكل أشكالها.

وفي رأي بول ديراك رائد ميكانيكا الكم الحاصل على جائزة نوبل أن النسبية «هي على الأرجح أعظم الاكتشافات العلمية»، ووصفها ماكس بورن، وهو عالم آخر من العمالقة العظام في فيزياء القرن العشرين، بأنها «أعظم ما أنتجه التأمل البشري في الطبيعة، وأبدع مزيج من التعمق الفلسفي والبصيرة الفيزيائية والبراعة الرياضية».

استنزفت العملية كلها جهد أينشتاين لكنها تركته مزهوًا وفرحًا، وقد انهار زواجه وأشاعت الحرب الدمار والخراب في أوروبا، لكن أينشتاين ظل سعيدًا، وقد كتب إلى بيسو في سعادة: «لقد تحققت أبعد أحلامي منالًا؛ التغاير العام وحساب البعد الأقرب لعطارد بصورة دقيقة»، ووقع خطابه بـ«سعيد لكنه محطم».

الفصل التاسع

أينشتاين وجائزة نوبل

1921 - 1927

يتحدث هذا الفصل عن حصول أينشتاين علي جائزة نوبل لعام 1921م بدأ من الواضح أن أينشتاين سيفوز يوماً ما بجائزة نوبل في الفيزياء، بل كان قد وافق بالفعل على تحويل مبلغ الجائزة لزوجته الأولى ميلفا ماريتش عندما يحدث ذلك، وعندئذ طَرح أكثر من سؤال على نفسه: متى يفوز بالجائزة ؟ وعن أي إنجاز من إنجازاته؟

وما إن أعُلن في نوفمبر/ تشرين الثاني عام 1922 عن نيله الجائزة لعام 1921 حتى أصبحت الأسئلة التي تطرح نفسها من قبيل: لماذا استغرق الأمر كل هذا الوقت ليحصل على الجائزة؟ ولماذا يُمنح الجائزة «بالذات على اكتشافه قانون التأثير الكهروضوئي»؟

كان مما أسعد أينشتاين وهو في طريقه إلى اليابان أن يعلم أنه فاز أخيراً بالجائزة، وكان نص البرقية التي أرسلت إليه في العاشر من نوفمبر/ تشرين الثاني «لقد نلت جائزة نوبل في الفيزياء، وستجد المزيد من التفاصيل في الخطاب». وفى حقيقة الأمر فإن أينشتاين علم بفوزه بالجائزة بمجرد أن اتخذت الأكاديمية السويدية قرارها في سبتمبر/ أيلول، أي قبل أن يغادر إلى اليابان.

تناهي إلى علم رئيس لجنة منح جائزة نوبل في الفيزياء - اسفانت أرينيوس أن أينشتاين يخطط للسفر إلى اليابان في أكتوبر/ تشرين الأول مما يعني أنه إذا قام بالفعل برحلته فلن يحضر الاحتفال بتسليم الجائزة، ولذا كتب إلى أينشتاين يقول له على نحو واضح ومباشر: «لعلك سترغب كثيراً في الحضور إلى استكهولم في ديسمبر/ كانون الأول». ثم أضاف معبراً عن أحد مبادئ فيزياء ما قبل السفر بالطائرات النفاثة: «أما إذا كنت في ذلك الحين في اليابان فسوف يكون ذلك مستحيلاً». وعندما تصدر هذه الكلمات عن رئيس لجنة جائزة نوبل فسيكون واضحاً ما يقصده بالضبط؛ فلا توجد أسباب أخرى تتطلب استدعاء علماء الفيزياء إلى ستوكهولم في ديسمبر/ كانون الأول.

ومع علم أينشتاين أنه قد فاز بالجائزة أخيراً فلم ير من المناسب تأجيل رحلته، ويرجع ذلك إلى حد ما إلى تجاهل لجنة جائزة نوبل له مراراً حتى بدأ هذا الأمر يصيبه بالضيق.

كان أول ترشيح لأينشتاين للجائزة عام 1910 حين رشحه فيلهلم أوستفالد الحاصل على جائزة نوبل في الكيمياء. وذكر أوستفالد في أسباب ترشيحه نظرية النسبية الخاصة أن النظرية تضمنت جوانب أساسية في الفيزياء، وليست – كما زعم بعض المنتقصين من قدر أينشتاين – مجرد فلسفة، وأعاد (أوستفالد) التأكيد على هذه المسألة في السنوات التالية وهو يكرر ترشيحه لأينشتاين للجائزة.

كانت اللجنة السويدية المسئولة عن منح الجائزة فطنة إلى التكليف الذي جاء في وصية ألفريد نوبل بأن الجائزة يجب أن تُمنح إلى «أهم

اكتشاف أو اختراع»، وشعرت بأن نظرية النسبية لا ينطبق عليها الوصف الدقيق للاثنين، وقالت إنها بحاجة للتمهل والحصول على مزيد من الأدلة التجريبية «قبل أن يتقبلها المرء وبالأخص قبل أن يمنحها جائزة نوبل».

استمر ترشيح أينشتاين للجائزة عن نظرية النسبية طوال السنوات العشر التالية فكان يحصل على الدعم والتأييد من علماء بارزين في الفيزياء النظرية أمثال (فيلهلم فين)، إلا أنه لم ينل تأييد (هيندريك لورينتز) الذي كان لا يزال متشككاً فيها. وكانت عقبته الكئود تتمثل في أن اللجنة آنذاك كانت تساورها الشكوك تجاه علماء الفيزياء النظرية البحتة؛ فثلاثة من أعضاء اللجنة الخمسة – في الفترة بين عامي 1910 و1922 – علماء تجريبيون من جامعة أوبسالا بالسويد المشهورة بميلها الشديد نحو إتقان الأساليب التجريبية والقياسية. ويقول روبرت مارك فريدمان أستاذ مادة تاريخ العلم في جامعة أوسلو: «هيمن على اللجنة علماء الفيزياء السويديون من ذوي الانحياز الشديد للتجريب، فقد كانوا ينظرون إلى القياس الدقيق باعتباره الهدف الأسمى لعلمهم». وكان ذلك أحد الأسباب التي تسببت في ألا يحصل (ماكس بلانك) على الجائزة إلا عام 1919 (نال الجائزة عام 1918 وتأجل تسليمها له للعام التالي)، وهو أيضاً السبب في عدم فوز هنري بوانكاريه بها على الإطلاق.

على أن أينشتاين كان من المفترض أن يحصل على الجائزة عام 1920 في أعقاب الإعلان المثير في نوفمبر/ تشرين الثاني 1919 بأن الملاحظات التي أجريت على كسوف الشمس أكدت صحة بعض جوانب نظريته. وعندئذ لم تعد الشكوك تساور لورنتز بشأن النظرية، وكتب هو

ونيلز بور وستة من القائمين بالترشيح الرسمي للجائزة يؤيدون منحها لأينشتاين، وركز معظمهم في أسباب ترشيحهم له على نظريته المتكاملة في النسبية. (كتب بلانك هو الآخر يؤيد منح الجائزة لأينشتاين غير أن خطابه وصل بعد الموعد المحدد لتلقى خطابات الترشيح). قال لورنتز في رسالته إن أينشتاين قد «وضع نفسه في المرتبة الأولى بين الفيزيائيين على مر العصور». ولم تقل رسالة (بور) وضوحاً عن رسالة لورنتز إذ قال فيها: «يواجه المرء هنا تقدماً ذا أهمية بالغة».

وتدخلت السياسة؛ فحتى ذلك الحين كانت المبررات الأساسية لحجب الجائزة عن أينشتاين مبررات علمية فكان يُنظر إلى عمله في نظرية النسبية باعتباره عملاً نظرياً بحتاً يفتقر إلى الأساس التجريبي، بالإضافة إلى الظن بأنه عمل لا يتضمن أي «اكتشاف» لأي قوانين جديدة، واستمرت الآراء المعارضة لأينشتاين، بيد أنها اصطبغت بصبغة التحيز الثقافي والشخصي بعد الملاحظات التي أجريت على الكسوف وتفسير الإزاحة في مدار عطارد إلى جانب الإثباتات التجريبية الأخرى؛ فمنتقدوه نظروا إلى مسألة تبوئه فجأة مكانة فائقة باعتباره أشهر العلماء الذين نالوا شهرة عالمية.

كانت هذه الرسالة الضمنية واضحة في التقرير الداخلي الذي أعده رئيس اللجنة أرينيوس من سبع صفحات وشرح فيه أسباب عدم وجوب منح أينشتاين الجائزة عن عام 1920؛ فقد ذكر أن نتائج الكسوف قوبلت بالانتقاد بسبب غموضها، وأضاف أن العلماء لم يتأكدوا بعد من تنبؤ النظرية بأن الضوء المنبعث من الشمس سينزاح ناحية الطِرف الأحمر

من الطيف بسبب جاذبية الشمس. واستشهد أيضاً بالرأي المغلوط لإرنست جيركية – أحد المعادين للسامية والمعارضين للنسبية الذي قاد في صيف عام 1920 الحملة الشهيرة ضد أينشتاين في برلين – القائل بأن الإزاحة في مدار عطارد يمكن أن تُفسر بنظريات أخرى.

وخلف الأضواء كان يجلس أحد أبرز المعادين للسامية وهو فيليب لينارد Lenard الذي شن حملة شعواء ضد أينشتاين. وفيما بعد قال سفن هيدن Sven Hedin المستكشف السويدي وأحد الأعضاء البارزين في الأكاديمية إن لينارد بذل جهداً كبيراً من أجل إقناعه وإقناع أعضاء آخرين بأن «النسبية ليست اكتشافاً» وأنه لم يُتحقق من صحتها بعد.

استشهد أرينيوس في تقريره «بالنقد اللاذع الذي وجهه لينارد للشذوذ الموجود في النظرية النسبية العامة لأينشتاين» وفي حقيقة الأمر فإن آراء لينارد كانت تعبر عن انتقاد للفيزياء غير المبنية على التجارب أو اكتشافات المادية الملموسة، على أن التقرير حمل في طياته دلالة قوية على كراهية لينارد لنوع التفكير الذي يطلق عليه «التخمين الفلسفي» فقد كان يرفضه دائماً معتبراً إياه خاصية من خصائص (العلم اليهودي).

وهكذا لم يحصل أينشتاين على جائزة نوبل لعام 1920 التي مُنحت إلى خريج آخر لأحد المعاهد الفنية السويسرية، الذي يختلف تمام الاختلاف عن أينشتاين في الجانب العلمي وهو شارل إدوار غيوم مدير المكتب الدولي للأوزان والمقاييس الذي لم يضف إلى العلم سوي لمسة متواضعة وهي إثبات وجود قياسات معيارية ذات نتائج أكثر دقة، واكتشاف سبيكة معدنية ذات استخدامات عملية، من ضمنها صنع

أدوات قياس جيدة. يقول فريدمان: «عندما بدأ عالم الفيزياء يدخل في غمار مغامرة فكرية هائلة أصبح من الملفت للنظر أن يُنظر إلى إنجاز (غيوم) – المبني على دراسة روتينية ومهارة نظرية متواضعة – على أنه أفضل الإنجازات، بل إن المعارضين لنظرية النسبية أنفسهم وجدوا في ترشيح غيوم للجائزة قراراً في غاية الغرابة».

وصل الهوس الجماهيري بأينشتاين الي ذروته عام 1921 – سواء من المعجبين به أو من منتقديه – وحصل على سيل من التأييد من جانب العلماء النظريين والتجريبيين من الألمان مثل بلانك أو من غير الألمان مثل إدنجتون، وبلغ عدد الترشيحات الرسمية التي رشحته لنيل الجائزة أربعة عشر ترشيحاً، وهو رقم يفوق بكثير ما حصل عليه أي منافس آخر، وكتب إدنجتون معبراً عن أكبر قدر من الثناء يمكن أن يقدمه عضو فى الجمعية الملكية قائلاً: «يتفوق أينشتاين على معاصريه بالضبط كما تفوق نيوتن».

ألقت لجنة الجائزة فى ذلك العام مهمة إعداد تقرير عن نظرية النسبية على عاتق (ألفار جالستراند) – أستاذ طب العيون والرمد بجامعة أوبسالا – الذي نال جائزة نوبل فى الطب عام 1911. ولقلة خبرته العملية فى الرياضيات أو فيزياء النسبية فقد انتقد نظرية أينشتاين بطريقة حادة تنم عن جهله. على أن التقرير الذي بلغت عدد صفحاته خمسين صفحة كان يهدف بوضوح الي إضعاف مكانة أينشتاين بأي طريقة، إذ جاء فيه – على سبيل المثال – إن انحناء الضوء ليس محكاً حقيقياً لاختبار صحة نظرية أينشتاين، وإن النتائج لا يمكن إثباتها

بالتجربة، وحتى لو كان من الممكن إثباتها بالتجربة فإن هناك طرقاً أخرى لتفسير الظاهرة باستخدام الميكانيكا الكلاسيكية. وفيما يتعلق بمدار عطارد قال جالستراند: «لا يزال من غير المعروف – الي أن يجد جديد – هل يمكن لنظرية أينشتاين بأي حال من الأحوال أن تتفق مع التجربة التي يكون فيها الجسم السماوي أقرب ما يكون الي الشمس». وقال إن تأثيرات النسبية الخاصة «تقع خارج حدود الخطأ التجريبي». ونظراً لأن جالستراند صنع أسمه عن طريق ابتكار قضبان قياس بصرية دقيقة، فقد بدأ فى غاية الفزع من نظرية أينشتاين القائلة إن طول قضبان القياس الصلبة يمكن أن يتغير بالنسبة الي راصدين متحركين.

ومع أن بعض أعضاء الأكاديمية أدركوا أن معارضة جالستراند كانت ساذجة فإنه كان من الصعب تجاهلها؛ فجالستراند الأستاذ السويدي الجليل والشهير كان يؤكد – فى السر والعلن – على أن الشرف العظيم لنوبل يجب ألا يمنح لنظرية تخمينية أجتذبت حولها قدراً هائلاً من الهستريا الجماعية غير المبررة سرعان ما ستنتهي. وبدلاً من اختيار شخص آخر قامت الأكاديمية بشيء يعتبر نوعا ما إهانة علنية بالغة لأينشتاين؛ فقد صوتت بعدم اختيار أحد، وأرجأت إعلان اسم الفائز بالجائزة الي العام التالي عام 1921.

وهكذا أوشك هذا الطريق المسدود أن يصبح مأزقاً محرجاً، إذ بدا عدم حصول أينشتاين على الجائزة يؤثر بصورة سلبية على نوبل أكثر من تأثيره على أينشتاين؛ فقد كتب الفيزيائي الفرنسي مارسيل بريلوان فى خطابه لترشيح الفائز بالجائزة عام 1922 «لنتخيل لحظة ماذا سيكون

عليه الرأي العام بعد خمسين سنة من الآن إن لم يظهر اسم أينشتاين فى قائمة الحاصلين على جائزة نوبل».

جاء الإنقاذ على يد أحد علماء الفيزياء النظرية من جامعة أوبسالا وهو (كارل فيلهلم أوسين) Carl Withelm Oseen الذي انضم الي اللجنة عام 1922. كان أوسين زميلاً وصديقاً لجالستراند، وهو الأمر الذي ساعده فى أن يتغلب بلباقة على بعض اعتراضات طبيب العيون غير المدروسة التي يرفض تغيير رايه بشأنها. أدرك أوسين أن موضوع نظرية النسبية برمته يكتنفه الجدل ومن الأفضل اتخاذ مسار آخر، لذا ضغط (أوسين) بقوة لمنح الجائزة لأينشتاين «لاكتشافه قانون التأثير الكهروضوئى».

قيست كل كلمة فى تلك العبارة بعناية: فالترشيح لم يكن بالطبع عن نظرية النسبية، وبصرف النظر عن الطريقة التي صاغ بها بعض المؤرخين عبارة فوزه بالجائزة، فإن حصول اينشتاين على نوبل لم يكن عن نظريته المتعلقة بكمات الضوء مع أنها كانت موضع التركيز الأساسي للبحث الذي فاز عنه بالجائزة والذي قدمه عام 1905 ولم يُمنح أينشتاين الجائزة عن أي نظرية على الإطلاق بل مُنحها لاكتشافه أحد القوانين.

كان تقرير قد ناقش «نظرية التأثير الكهروضوئي» لأينشتاين، لكن أوسين أوضح بجلاء منهجه المختلفة عن طريق العنوان الذي اختاره لتقريره وهو «قانون أينشتاين للتأثير الكهروضوئي» (أضيف اسم أينشتاين داخل العنوان كنوع من التوكيد). لم يركز أوسين فى تقريره على الجوانب النظرية لعمل أينشتاين بل ركز على ما أسماه بقانون طبيعي أساسي اقترحه أينشتاين يمكن إثباته بالتجربة، وقال إن الوصف

الرياضي للتأثير الكهروضوئي فُسر عن طريق افتراض أن الضوء يمتص وينبعث بكميات منفصلة وبالطريقة التي يرتبط بها ذلك بتردد الضوء.

ذكر أوسين أيضاً أن منح أينشتاين جائزة عام 1921 سوف يسمح للأكاديمية بأن تستخدمه كأساس لمنح (نيلز بور) فى نفس الوقت جائزة عام 1922 حيث إن نموذج بور للذرات قد بُنيَ على أساس القوانين التي فسرت التاثير الكهروضوئي وهكذا أصبح هذا الاقتراح فكرة ذكية ضمنت حصول العالمين العظيمين فى الفيزياء النظرية كليهما على جائزة نوبل دون الإخلال بالتقاليد الراسخة للأكاديمية. ووافق جالستراند على هذا الأمر، وبدأ أرينيوس أيضاً – الذي قابل أينشتاين فى برلين وكان مفتوناً به – على استعداد لقبول الأمر المحتوم، وصوتت الأكاديمية فى السادس من سبتمبر/ أيلول 1922 لمصلحة منح أينشتاين وبور جائزتي نوبل عن عامي 1921 و1922 على الترتيب.

وهكذا نال أينشتاين جائزة نوبل لعام 1921 من أجل «الخدمات التي قدمها للفيزياء النظرية ولاسيما اكتشافه قانون التأثير الكهروضوئي». وفقاً للكلمات الواردة في الوثيقة الرسمية التي تعرض إنجازاته. على أن هناك توضيحاً غير مألوف أدرج في الوثيقة الرسمية التي تعرض إنجازاته والخطاب الذي أرسلته الأمانة العامة للأكاديمية لإبلاغه بصفة رسمية بفوزه بالجائزة؛ فقد ذُكر في الوثيقتين كلتيهما أن الجائزة منحت «دون أن يوضع في الحسبان القيمة التي ستمنح لنظرياته في النسبية والجاذبية بعد ان تثبت في المستقبل». وكما راينا فإن أينشتاين لم يفز

بنوبل قط عن عمله المتعلق بالنسبية والجاذبية أو عن أي شيء آخر اللهم إلا التأثير الكهروضوئي.

كان استخدام التأثير الكهروضوئي كوسيلة لمنح أينشتاين الجائزة بمنزلة سخرية لاذعة إذ إن «قانونه» استند اساساً على الملاحظات التي قدمها (فيليب لينارد) أشد المتحمسين الداعين للتصويت ضد حصول أينشتاين على الجائزة. وكان أينشتاين قد أشاد في البحث الذي قدمه عام 1905 بالعمل «الريادي» لينارد، على أنهما أصبحا عدوين لدودين بعد الحملات المعادية للسامية في برلين عام 1920. وقد تسبب فوز أينشتاين بالجائزة في إثارة غضب لينارد لسببين: الأول أن أينشتاين فاز بالجائزة رغم معارضته، والثاني – وهو أشد من الأول – أنه فاز بالجائزة في المجال الذي تفوق فيه لينارد، وكتب لينارد خطاباً غاضباً إلى الأكاديمية – هو الاحتجاج الرسمي الوحيد الذي تلقته – قال فيه إن أينشتاين اساء فهم الطبيعة الحقيقية للضوء، وإنه بجانب ذلك يهودي يسعى إلى الشهرة ويختلف منهجه عن الروح الحقيقية للفيزياء الألمانية.

لم يحضر أينشتاين الاحتفالية الرسمية لتسليم الجائزة في العاشر من ديسمبر/ كانون الأول؛ كان يجلس آنذاك داخل قطار يسير في ربوع اليابان. وبعد كثير من الجدل هل هو الماني أم سويسري، تسلم السفير الألماني الجائزة ثم أُدرِجَ اسمه في السجل الرسمي لكلتا الجنسيتين.

صيغ خطاب التقديم الرسمي الذي ألقاه أرينيوس رئيس اللجنة بشكل متقن؛ بدأ الخطاب بقوله «أغلب الظن أنه لا يوجد عالم فيزياء يعيش اليوم اصبح أسمه يحظى بهذه الشهرة البالغة مثل ألبرت أينشتاين،

فمعظم المناقشات تتمحور حول نظريته في النسبية». ثم استطرد قائلاً على نحو يقلل من شأنها: «وتتعلق هذه النظرية بصورة أساسية بنظرية المعرفة ولذلك كانت موضوع جدل مثير في الدوائر الفلسفية».

وبعد هذا المرور السريع على عمل أينشتاين في النسبية شرح أرينيوس موقف الأكاديمية الذي يبرر حصوله على الجائزة فقال: «خضع قانون التأثير الكهروضوئي لأينشتاين لاختبار في غاية الصرامة على يد الأمريكي ميليكان وتلامذته واجتاز الاختبار بجدارة. وقد اصبح قانون أينشتاين هو الأساس في الكيمياء الضوئية الكمية مثلما يُعتبر قانون فارادي هو الأساس في الكيمياء الكهربية.

ألقى أينشتاين الخطبة الرسمية لقبوله الجائزة في يوليو/ تموز التالي في مؤتمر العلوم السيويدي بحضور الملك جوستاف أدولف الخامس. لم يتحدث أينشتاين في خطابه عن التأثير الكهروضوئي بل تحدث عن النسبية، واختتم خطابه بالتأكيد على أهمية ما أثار اهتمامه حينئذ، وهو اكتشاف نظرية مجال موحد يوفق بين النسبية العامة والنظرية الكهرومغناطيسية وميكانيكا الكم أيضاً إن أمكن.

وصل مبلغ الجائزة في تلك السنة إلى 121.572 كرون سويدي أو 32.250 دولاراً أمريكياً، وهو مبلغ يزيد بأكثر من عشرة أضعاف عن الراتب السنوي للأستاذ العادي آنذاك. وبحسب الاتفاق الذي عقده مع (ماريتش) عند طلاقهما أرسل أينشتاين جزءاً من المبلغ مباشرة إلى أحد البنوك في زيورخ ليستقر وديعة لها ولأبنائها، ووضع الباقي في حساب ببنك أمريكي تخصص فوائده لاستخدامها.

وأدى هذا إلى حدوث مشادة أخرى؛ فقد اشتكي هانز ألبرت بأن ترتيبات الوديعة – التي اتفق عليها من قبل – جعلت الأسرة لا تستطيع أن تستخدم سوى فوائد المبلغ الموجود في الوديعة وليس المبلغ كله، على أن هينريش زانجر تدخل مرة أخرى ونجح في تهدئة الأمور، وكتب أينشتاين إلى أبنائه يقول مازخاً: «سوف تصبحون جميعكم أغنياء للغاية حتى إنني قد أطلب منكم أن تقرضوني يوماً ما». وقد استخدمت ماريتش المال في النهاية لشراء ثلاثة منازل في زيورخ تحتوي على شقق للإيجار.

ونكتفى بهذا القدر من الحديث عن البرت أينشتاين.. ذلك العالم الذي حصل علي جائزة نوبل في الفيزياء وصاحب النظرية النسبية الشهيرة والذي توفي في 18 أبريل 1955 عن عمر 76 عام.



فهرس المحتويات

